

22402/H/25



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

TUGAS AKHIR (KL 1702)

STUDI POLA TRANSPORT SEDIMEN AKIBAT PENGEMBANGAN PELABUHAN TANJUNGPERAK, SURABAYA



RS Ke
551.303
Jup
5-1
2004

Oleh :

DIKOR JUPANTARA

NRP : 4398.100.028

PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	11-8-2004
Terima Dari	H/
No. Agenda Prp.	721029

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

**STUDI POLA TRANSPORT SEDIMEN AKIBAT
PENGEMBANGAN PELABUHAN TANJUNG PERAK,
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui,


Dosen Pembimbing I,



Dr. Ir. Wahyudi, MSc
NIP. 131 842 502



Dosen Pembimbing II,



Dr. Ir. M. Mustain, MSc
NIP. 131 869 967

**SURABAYA
2004**



ABSTRAK

ABSTRAK

Tugas Akhir ini membahas pola sedimentasi akibat pengembangan pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Dengan mereklamasi daerah sekitar wilayah teluk Kali-Lamong, Berdasarkan pemodelan dengan SMS versi 6.0. Beberapa alternatif reklamasi yang diajukan, yaitu model rencana awal dengan membuat 2 reklamasi yang terdapat jarak atau kanal, alternatif pertama dengan menutup jarak atau kanal tersebut, alternatif kedua dengan memindah pintu pelabuhan penumpang menghadap ke arah barat, alternatif ketiga dengan membuat reklamasi memanjang dimana reklamasi **satu** disebelah timur dan reklamasi **dua** disebelah barat. Pada lokasi di sekitar wilayah Hasil pemodelan tersebut diambil 8 titik (node) pada lokasi yang di asumsikan mewakili daerah sekitarnya. Dari lokasi analisa tersebut didapatkan pola arus dan sedimentasi dalam 3 kondisi pasang surut MSL, LWL, dan HWL. Dari hasil running diketahui, konsentrasi penyebaran rata-rata sedimen yang terjadi untuk rencana awal pada kondisi HWL sebesar $0.11093184 \text{ kg/m}^3$, Kondisi MSL sebesar $0.11095946 \text{ kg/m}^3$, Kondisi LWL sebesar $0.11095720 \text{ kg/m}^3$, untuk alternatif 1 pada kondisi HWL sebesar **$0.10797813 \text{ kg/m}^3$** , Kondisi MSL sebesar **$0.10797808 \text{ kg/m}^3$** , Kondisi LWL sebesar **$0.10797809 \text{ kg/m}^3$** , untuk alternatif 2 pada Kondisi HWL sebesar $0.10914024 \text{ kg/m}^3$, Kondisi MSL sebesar $0.10914276 \text{ kg/m}^3$, Kondisi LWL sebesar $0.10914056 \text{ kg/m}^3$, untuk alternatif 3 pada Kondisi HWL sebesar $0.10816963 \text{ kg/m}^3$, Kondisi MSL sebesar $0.10817206 \text{ kg/m}^3$, Kondisi LWL sebesar $0.10816984 \text{ kg/m}^3$. Perubahan rata-rata kontur dasar laut untuk rencana awal sebesar 0.08940989 m , untuk alternatif 1 sebesar **0.07660031 m** , untuk alternatif 2 sebesar 0.09649975 m , untuk alternatif 3 sebesar 0.08268446 m . Dari hasil tersebut didapatkan bahwa untuk alternatif 1 penyebaran sedimen rata-rata yang terjadi adalah yang paling sedikit, sehingga sesuai untuk pengembangan pelabuhan. Dari hasil studi ini diharapkan dapat memberi masukan dan bermanfaat bagi PT. PELINDO III dalam usaha pengembangan pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya.

ABSTRACT

This Final Duty study pattern of sedimentation effect of development of port Tanjung Perak, Surabaya. By reclamation area about region of bay Kali-Lamong, Pursuant to by SMS version 6.0. Some alternative of raised reclamation, that is model plan early madely 2 reclamation which is there are distance or canal, first alternative with closing the canal or distance, alternative of second movedly door of port passenger look towards west, third alternative madely long reclamation where reclamation one facing east and reclamation two facing west. At location around region Result of the modelling taken by 8 dot (node) at location which is assuming to deputize vicinity area. From the analysis location got a sedimentation and current pattern in 3 windraw and tide MSL condition, LWL, and HWL. From result running known, sediment mean spreading concentration that happened to plan early at condition HWL equal to 0.11093184 kg/m³.

*Condition MSL equal to 0.11095946 kg/m³, Condition LWL equal to 0.11095720 kg/m³, for alternative 1 at condition HWL equal to **0.10797813 kg/m³**, Condition MSL equal to **0.10797808 kg/m³**, Condition LWL equal to **0.10797809 kg/m³**, for alternative 2 at Condition HWL equal to 0.10914024 kg/m³, Condition MSL equal to 0.10914276 kg/m³, Condition LWL equal to 0.10914056 kg/m³, for alternative 3 at Condition HWL equal to 0.10816963 kg/m³, Condition MSL equal to 0.10817206 kg/m³. Condition LWL equal to 0.10816984 kg/m³.*

*Mean change contour of]sea floor to plan early equal to 0.08940989 m, for alternative 1 equal to **0.07660031 m**, for alternative 2 equal to 0.09649975 m, for alternative 3 equal to 0.08268446 m. From the result got by that for alternative 1 mean sediment spreading that happened is least, so that according to for the port development. From result of this study is expected can give input and be of benefit to PT. PELINDO III in effort development of port Tanjung Perak, Surabaya.*



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Syukur *Alhamdulillah* kami panjatkan kehadiran Allah SWT. Atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan nikmat-Nya. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah untuk nabi besar Muhammad SAW.

Hanya atas kasih dan kehendak-Nya, setelah melalui perjalanan panjang yang melelahkan akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

STUDI POLA TRANSPORT SEDIMEN AKIBAT PENGEMBANGAN PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA

Tugas Akhir ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan ITS.

Dalam kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Adapaun ucapan terima kasih tersebut ditujukan kepada :

1. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya yang telah mendukung dan selalu mendoakan setiap hari agar dapat cepat menyelesaikan kuliah, meskipun saya sering bandel, terimakasih MA” terima kasih PA”.
2. Bpk Ir. Imam Rochani, MSc dan Bpk DR.Ir. Handayanu, MSc selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
3. Bpk DR.Ir. Wahyudi, MSc selaku Dosen Pembimbing I atas kesabarannya membimbing Tugas Akhir ini.

4. Bpk DR. Ir. M. Mustain, MSc selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan masukannya.
5. Bpk Ir. Murdjito MSc. Eng. Atas topik yang diberikan.
6. Bpk Ir. Imam Rochani, MSc selaku Dosen Wali. Terima kasih atas dukungan bpk yang selama ini tidak bosan-bosan menasehati dan memberi wejangan setiap perwalian.
7. Terima kasih kepada seluruh staf dan karyawan PT. PELINDO III, Surabaya atas bantuan yang telah diberikan.
8. Terima kasih saudara dan keluargaku mas eka, ina, ana yang terkadang membuat saya sebel, mbak sarah, dan setra ayo cepet gedhe ya.... biar jadi tukang insinyur, semoga kita bisa sukses bersama di hari yang akan datang.
9. Terima kasih kepada Heny Sulistyorini yang sangat aku cintai, meskipun selama ini terkadang membuat sebel, marah, tapi tetap terus mendukung dikala jatuh dan selalu menemani dikala stres... he,he,he. Semoga sakit maag nya cepat sembuh dan cepat selesaikan kuliahmu, katanya kepingin cepet sama Mas”, doain selalu Mas ya.....LOVE U.
10. Terima kasih untuk komputerku yang telah membantu dan telah bekerja keras ber bulan-bulan buat ngerun tanpa ada rewel, dan juga hondaku yang telah setia mengantarku.
11. Terima kasih kepada seluruh warga teknik kelautan.
12. Terima kasih kepada seluruh angkatan 98 yang telah bersama-sama selama kuliah, (paman) mbang... cepet balekno utangmu, udin.... ojo lali utangmu dan panggih.....!! yang telah selesai kuliah tanpa bayar utang langsung ilang



tanpa ada kabar, seluruh warga DJI SAM SOE apartement, 2Asix, AB Three, Dewan Jendral, semoga kita tetap kompak.

13. Seluruh teman-temanku band dan cangkrukan yang telah berteman sejak SMP, jaya selalu SEWU.....
14. Kepada segenap pihak yang tidak disebutkan satu-persatu, terima kasih, dan semoga Indonesia kembali aman serta para pemimpin dapat memajukan negara, yang penting semoga dolar kembali Rp 2000, agar dapat pesenan banyak.....

Saya sadar bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun senantiasa diharapkan. Semoga penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, Amin

Surabaya, Juli 2004

Penulis



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

	<i>halaman</i>
Halaman Judul	
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	viii
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel.....	xvi
Daftar Notasi	xvii

Bab I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah.....	I-2
1.2 Permasalahan	I-3
1.3 Tujuan	I-3
1.4 Manfaat	I-3
1.5 Batasan Masalah	I-4
1.6 Sistematika Penulisan	I-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka	II-1
2.1.1 Amdal Pembangunan Pelabuhan di Muara Sungai Kali Lamong.....	II-2
2.1.2 Kajian Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Perak.....	II-5
2.2 Landasan Teori	II-5
2.2.1 Umum.....	II-5
2.2.2 Angin.....	II-6
2.2.3 Gelombang	II-8
2.2.4 Arus	II-12
2.2.5 Pasang Surut.....	II-13
2.2.6 Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Proses Sedimentasi	II-13
2.2.7 Sedimentasi	II-16
2.2.7.1 Sedimen Pantai.....	II-16
2.2.7.2 Mekanisme Transport Sedimen Oleh Gelombang	II-21
2.2.7.3 Transport Sedimen Pantai	II-23
2.2.8 Pemodelan dengan Software SMS	II-26
2.2.8.1 Analisa Pola Arus.....	II-26
2.2.8.2 Analisa Pola Sedimentasi.....	II-29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir.....	III-1
3.2 Penjelasan.....	III-1
3.3 Simulasi dengan Software SMS	III-5
3.3.1 Modul Pendukung SMS 6.0	III-5
3.3.2 Pembuatan Model pada Software SMS	III-5
3.3.3 Pembuatan Model Kontur Kali Lamong.....	III-6
3.4 Kesimpulan.....	III-11

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Tinjauan Lokasi Studi	IV-1
4.1.1 Umum.....	IV-1
4.2 Kondisi Hidro-Oceanografi	IV-3
4.2.1 Batimetri.....	IV-3
4.2.2 Pasang Surut	IV-4
4.2.3 Kondisi Sungai	IV-6
4.2.4 Sedimen.....	IV-7

BAB V PEMODELAN POLA ARUS DAN SEDIMEN

5.1 Pemodelan dengan surface-water Modeling System (SMS 6.0).....	V-1
5.1.2 Pembuatan Model Kontur Dasar Laut.....	V-1
5.2 Pemodelan Pola Arus dan sedimen	V-7
5.3 Pola Arus dan Sedimen Rencana Awal	V-9
5.3.1 Pola Arus	V-10

5.3.2 Pola Sedimen.....	V-10
5.4 Pola Arus dan Sedimen Alternatif 1	V-13
5.4.1 Pola Arus	V-13
5.4.2 Pola Sedimen.....	V-14
5.5 Pola Arus dan sedimen alternatif 2	V-16
5.5.1 Pola Arus	V-17
5.5.2 Pola Sedimen.....	V-17
5.6 Pola arus dan Sedimen Alternatif 3.....	V-19
5.6.1 Pola Arus	V-20
5.6.2 Pola Sedimen.....	V-21
5.7 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran di Lapangan.....	V-23
5.7.1 Pasang Surut	V-23
5.7.2 Arus	V-24

BAB VI PEMBAHASAN

6.1 Konsentrasi Sedimen dan Perubahan Kontur Dasar Laut	VI-1
6.1.1 Rencana Awal.....	VI-1
6.1.1.1 Konsentrasi Sedimen.....	VI-1
6.1.1.2 Perubahan Kontur Dasar Laut	VI-2
6.1.2 Alternatif 1	VI-4
6.1.2.1 Konsentrasi Sedimen.....	VI-4
6.1.2.2 Perubahan Kontur Dasar Laut	VI-5
6.1.3 Alternatif 2	VI-5
6.1.3.1 Konsentrasi Sedimen.....	VI-5
6.1.3.2 Perubahan Kontur Dasar Laut	VI-6

6.1.4 Alternatif 3	VI-7
6.1.4.1 Konsentrasi Sedimen.....	VI-7
6.1.4.2 Perubahan Kontur Dasar Laut	VI-7
6.2 Hasil Running Sedimentasi	VI-8
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	
7.1 Kesimpulan.....	VII-1
7.2 Saran.....	VII-2
Daftar Pustaka	
Lampiran	



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

	<i>halaman</i>
Gambar 2.1 Penentuan tinggi gelombang pecah.....	II-11
Gambar 2.2 Penentuan kedalaman gelombang pecah	II-12
Gambar 2.3 Pengaruh konsentrasi suspensi terhadap kecepatan endap	II-18
Gambar 2.4 Pengaruh tegangan geser terhadap gerak sedimen dasar	II-22
Gambar 2.5 Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang.....	II-23
Gambar 2.6 Konsentrasi sedimen, arus dan transpor sepanjang pantai	II-25
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan.....	III-4
Gambar 3.2 Pola kontur Kali-Lamong	III-7
Gambar 3.3 Pembuatan jaring elemen (Triangulate).....	III-8
Gambar 3.4 Kontur Kali-Lamong setelah penggabungan elemen	III-9
Gambar 3.5 Pola kontur Kali-Lamong berdasarkan kedalaman	III-10
Gambar 4.1 Lokasi Studi.....	IV-2
Gambar 4.2 Peta hasil pengukuran Batimetri	IV-3
Gambar 4.3 Peta alur perak.....	IV-5
Gambar 5.1 Pola kontur selat Madura	V-1
Gambar 5.2 Peta model SMS.....	V-2
Gambar 5.3 Grafik pasang-surut dalam SMS	V-2
Gambar 5.4 Grafik debit sungai dalam SMS	V-3
Gambar 5.5 Kontur kedalaman selat Madura	V-4

Gambar 5.6 Rencana awal pengembangan	V-5
Gambar 5.7 Rencana awal dalam pemodelan SMS	V-6
Gambar 5.8 Kondisi pasang surut	V-7
Gambar 5.9 Pola arus dalam bentuk flow trace	V-8
Gambar 5.10 Lokasi Pengambilan sampel master plan	V-9
Gambar 5.11 Pola arus hasil simulasi pada time step 47	V-9
Gambar 5.12 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47	V-11
Gambar 5.13 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175	V-12
Gambar 5.14 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191	V-12
Gambar 5.15 Lokasi pengambilan sampel alternatif 1	V-13
Gambar 5.16 Pola arus hasil simulasi pada time step 47	V-14
Gambar 5.17 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47	V-14
Gambar 5.18 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175	V-15
Gambar 5.19 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191	V-16
Gambar 5.20 Lokasi pengambilan sampel alternatif 2	V-16
Gambar 5.21 Pola arus hasil simulasi pada time step 47	V-17
Gambar 5.22 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47	V-18
Gambar 5.23 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175	V-18
Gambar 5.24 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191	V-19
Gambar 5.25 Lokasi pengambilan sampel alternatif 3	V-20
Gambar 5.26 Pola arus hasil simulasi pada time step 47	V-21
Gambar 5.27 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47	V-21
Gambar 5.28 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175	V-22
Gambar 5.29 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191	V-23



Gambar 5.30 Kalibrasi data pasang surut	V-24
Gambar 5.31 Kalibrasi terhadap data arus.....	V-25



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

	<i>halaman</i>
Tabel 2. 1 Klasifikasi ukuran butir dan sedimen	II-20
Tabel 4.1 Konstanta pasang surut metode Admiralty	IV-5
Tabel 4.2 Data sungai	IV-6
Tabel 4.3 Data debit sungai	IV-7
Tabel 4.4 Gradasi butiran sedimen dasar rata-rata	IV-7
Tabel 6.1 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut (Master Plan)	VI-2
Tabel 6.2 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir (Master Plan)	VI-3
Tabel 6.3 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut (Alternatif 1)	VI-4
Tabel 6.4 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir (Alternatif 1)	VI-5
Tabel 6.5 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut (Alternatif 2)	VI-6
Tabel 6.6 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir (Alternatif 2)	VI-6
Tabel 6.7 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut (Alternatif 3)	VI-7
Tabel 6.8 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir (Alternatif 3)	VI-7
Tabel 6.9 Penyebaran konsentrasi sedimen pada tiap-tiap model untuk setiap kondisi pasang surut	VI-8
Tabel 6.10 Perubahan kontur pada tiap-tiap model	VI-9



DAFTAR NOTASI

DAFTAR NOTASI

H	:	Tinggi Gelombang
L	:	Panjang Gelombang
T	:	Periode Gelombang
c	:	Kecepatan Rambat Gelombang
g	:	Percepatan Gravitasi
d	:	Kedalaman Laut
H_b	:	Tinggi Gelombang Pecah
d_b	:	Kedalaman Gelombang Pecah
v	:	Kecepatan Arus Sepanjang Pantai
α_b	:	Sudut Datang Gelombang Pecah
ρ	:	Rapat Massa Air Laut
d_s	:	Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai
P_1	:	Komponen Fluks Energi Gelombang Sepanjang Pantai Pada Saat pecah



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

Pantai merupakan daerah di tepi laut yang sebatas antara pasang terendah dengan pasang tertinggi. Sedangkan garis pantai merupakan garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Erosi ini bisa terjadi secara alami oleh gelombang atau karena adanya kegiatan manusia. Proses erosi dan sedimentasi tergantung pada sedimen dasar dan pengaruh hidrodinamika gelombang dan arus. Jika dasar laut terdiri material yang mudah bergerak, maka arus dan gelombang akan mengerosi sedimen dan membawanya searah dengan arus. Sedimen yang ditranspor tersebut bisa berupa bed load (menggeling, menggeser di dasar laut) seperti misalnya pasir atau melayang untuk sedimen suspensi (lumpur, lempung). Apabila kecepatan arus berkurang (misalnya di perairan pelabuhan) maka arus tidak mampu lagi mengangkut sedimen sehingga akan terjadi sedimentasi di daerah tersebut. Proses sedimentasi ini sulit ditanggulangi, oleh karena itu masalah ini harus diteliti dengan baik untuk dapat memprediksi resiko pengendapan. Sedimen yang berada di daerah pantai bisa berupa pasir atau sedimen suspensi. Sedimen suspensi biasanya berasal dari sungai-sungai yang bermuara di pantai.

Pada kasus sedimentasi yang terjadi di wilayah Kali Lamong-Jawa Timur diprediksikan dengan menggunakan model numerik yang dilakukan dengan menggunakan metode beda hingga (*finite difference methode*). Pemodelan

tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan bantuan software computer yaitu *Surface-water Modeling System* (SMS). SMS merupakan software computer untuk memodelkan kondisi permukaan air misalnya : pola gelombang, penyebaran polutan, pola sedimentasi dan sebagainya. Dari penggunaan software SMS tersebut dapat di ketahui pola sedimen yang terjadi di sekitar wilayah tersebut dengan adanya reklamasi untuk digunakan sebagai pelabuhan, agar sedimen yang terjadi tidak terlalu membawa pengaruh yang besar di sekitar wilayah Kali lamong.

1.1. Latar Belakang Masalah

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan pelabuhan terbesar kedua di Indonesia yang sangat potensial dalam mendukung arus barang dari dan ke wilayah bagian Timur Indonesia. Dengan semakin meningkatnya kegiatan di Pelabuhan Tanjung perak terutama peti kemas, maka PT. Pelabuhan III mempunyai rencana pengembangan dengan penambahan lahan terutama terminal peti kemas. Pada sisi lain lahan pengembangan pelabuhan sudah sangat terbatas, sehingga pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak direncanakan akan dilakukan di areal perairan sekitar Muara Kali Lamong yang masih masuk dalam perairan Pelabuhan Cabang Perak.

Dengan adanya pengembangan pelabuhan tersebut perlu adanya analisa mengenai pemahaman proses fisik perairan yang akan terjadi, dimana hal ini bertujuan agar pengembangan tersebut tidak membawa dampak yang merugikan terutama bagi wilayah sekitar.

1.2. Permasalahan

Adapun perumusan masalah yang akan diangkat pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik perairan (pola transportasi sedimen) di sekitar wilayah Kali Lamong?
2. Bagaimana bentuk layout pengembangan yang paling sedikit menimbulkan sedimen di sekitar wilayah Kali Lamong?

1.3. Tujuan

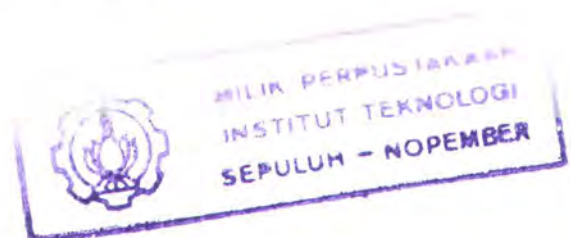
Tujuan yang ingin dicapai dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Mendapatkan pola sedimentasi yang terjadi di sekitar wilayah Kali Lamong dengan program bantu SMS (Surface-water Modeling System).
2. Mendapatkan bentuk skenario reklamasi pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak yang paling sedikit menimbulkan sedimentasi di sekitar Kali Lamong.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui pola sedimentasi yang terjadi di sekitar wilayah Kali Lamong.
2. Sebagai masukan kepada instansi terkait dalam merencanakan pengembangan pelabuhan Tanjung Perak.
3. Memberikan saran layout pengembangan pelabuhan yang baik.



1.5. Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Lokasi pada daerah sekitar muara Kali Lamong.
2. Pembahasan hanya pada pola sedimentasi di sekitar muara Kali Lamong.
3. Tidak dilakukan perhitungan teknis.
4. Tidak dilakukan perhitungan ekonomis.
5. Analisa dilakukan dengan menggunakan software pemodelan SMS (Surface-Water Modeling System) version 6.0.
6. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari instansi atau sumber-sumber lain yang ada di Indonesia.
7. Tidak dilakukan analisa gelombang.

Q. Yordan
Sahur Womor
Sayur

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut

Bab I. Pendahuluan, bab pembuka ini akan menjelaskan latar belakang yang mendukung penulis untuk melakukan penelitian mengenai tema yang diangkat dalam Tugas Akhir. Bab ini juga menjelaskan tentang perumusan masalah yang dihadapi dan tujuan serta manfaat yang akan dicapai. Untuk membatasi permasalahan agar tidak meluas, diberikan batasan masalah. Selanjutnya agar penyusunan Tugas Akhir ini sistematis maka disertakan juga sistematika penulisan Tugas Akhir.

Bab II. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori, bab ini berisi tentang tinjauan pustaka yang berkenaan dengan tema masalah yang diangkat dan berpedoman

pada buku-buku, paper, artikel, penelitian dan berbagai sumber lainnya yang berhubungan dengan tema penelitian yang diangkat yaitu mengenai pemodelan dengan software SMS.

Bab III. Metodologi Penelitian, bab ini akan menjelaskan mengenai metodologi yang digunakan penulis untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Adapun metodologi ini berisi tentang langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir yang meliputi studi literatur, pengumpulan data-data awal, analisa data, membuat pemodelan, running software SMS, dan terakhir adalah mengambil kesimpulan dari hasil pengerjaan Tugas Akhir ini.

Bab IV. Analisa Data, pada bab ini berisi spesifikasi data yang akan digunakan dalam penelitian yaitu data angin, data pasang surut, dan data-data lingkungan lainnya yang mendukung. Data tersebut akan digunakan dalam running program, sehingga harus benar-benar valid agar tidak terjadi error.

Bab V. Pemodelan Pola Arus dan Sedimentasi, pada bab ini dilakukan running Software SMS untuk analisa pola arus dan pola sedimentasi. Setelah proses running selesai tanpa ada kesalahan ataupun error, hasil running tersebut akan digunakan sebagai perbandingan antara tiap-tiap model.

Bab VI Pembahasan, Dari hasil running yang sudah selesai tanpa adanya error, kemudian diambil sample di setiap titik (node) dengan kondisi lingkungan yang berbeda dan dibuat tabel-tabel perbandingan tiap-tiap model

Bab VII. Kesimpulan dan Saran, bab ini menjelaskan mengenai hasil dan kesimpulan yang dapat ditarik setelah dilakukan penelitian sehubungan dengan masalah yang telah ditentukan pada bab I. Juga diberikan saran untuk penelitian selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pantai adalah gambaran nyata interaksi dinamis antara air, angin dan material (tanah). Angin dan air yang bergerak membawa material dari tempat satu ke tempat lain mengikis tanah dan kemudian mengendapkannya di suatu tempat secara kontinyu, sehingga terjadi perubahan garis pantai (*Pratikto, 2000*).

Sering pertahanan alami pantai tidak mampu menahan serangan gelombang, sehingga pantai dapat tererosi. (*Triatmodjo, 1999*). Dengan demikian pantai mengalami erosi, material pantai tersebut yang terbawa arus akan mengendap di daerah yang lebih tenang, seperti muara sungai, dan sebagainya. Sehingga menyebabkan terjadinya sedimentasi di daerah tersebut.

Untuk menanggulangi erosi pantai yang kemudian menyebabkan terjadinya sedimentasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari penyebab terjadinya erosi. Dengan mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya, yang biasanya adalah dengan membuat bangunan pelindung pantai dan atau menambah suplai sedimen serta melakukan pengelolaan pantai secara terpadu (*Pratikto, 2000*).

2.1.1 AMDAL Pembangunan Pelabuhan di Muara Sungai Kali Lamong.

Untuk mengantisipasi dampak negatif adanya pembangunan pelabuhan untuk pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak di muara sungai Kali Lamong, maka dilakukan studi amdal oleh pihak pelabuhan bekerja sama dengan lembaga penelitian ITS tahun 2001. Namun studi amdal yang dilakukan tersebut bersumber dari hasil studi masterplan yang bukan merupakan hasil detail engineering desain. Pada studi tersebut kajian aspek lingkungan hidro oseanografi dilakukan dengan menggunakan analog data dari studi-studi terdahulu seperti kajian pembangunan jembatan Suramadu (1992). Hasil dari studi AMDAL adalah sebagai berikut :

✓ Dampak penting yang ditimbulkan dalam tahap kegiatan pra konstruksi adalah perubahan sikap dan persepsi masyarakat akibat adanya kegiatan survey lokasi dan survey asal serta upah tenaga kerja. Perubahan sikap dan persepsi masyarakat ini timbul akibat ketidaktahuan dan ketidak-mengertian masyarakat di wilayah studi terhadap rencana kegiatan pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak ke arah Kali Lamong dan Teluk Lamong. Kelompok masyarakat yang terkena dampak ini relatif memiliki pendidikan rendah dan umumnya memiliki mata pencaharian wiraswasta dan nelayan. Mereka merasa khawatir akan kehilangan mata pencaharian dan atau berkurangnya pendapatan. Pihak pemrakarsa melakukan sosialisasi hanya pada aparat instansi yang terkait dan kalangan LSM saja, sedang masyarakat yang berada di wilayah rencana kegiatan belum menerima informasi yang memadai. Sehingga wajar jika ada kelompok masyarakat yang tidak sepenuhnya menerima keberadaan rencana kegiatan.

- ✓ Berdasarkan hasil prakiraan dampak, kegiatan-kegiatan yang menimbulkan dampak penting di tahap konstruksi ini adalah:
- Kegiatan mobilisasi tanah urug lewat darat berdampak negatif penting terhadap kualitas udara (timbulnya debu) dan peningkatan kebisingan.
 - Kegiatan mobilisasi tanah urug lewat darat dapat mengakibatkan berpindahnya burung pantai ke tempat lain. Berpindahnya burung pantai dapat pula menyebabkan perubahan komunitas ekosistem mangrove. Dampak lain yang ditimbulkan oleh adanya mobilisasi tanah urug ini adalah terjadinya penurunan kenyamanan pemakai jalan, peningkatan kerusakan jalan serta penurunan kualitas udara dan peningkatan kebisingan. Dengan banyaknya dampak yang terjadi pada kegiatan ini, maka disarankan untuk tidak dilakukan mobilisasi tanah urug lewat darat dan disarankan mobilisasi tanah urug dilakukan lewat laut.
 - Perubahan backwater air laut diakibatkan oleh kegiatan reklamasi. Disamping kegiatan diatas migrasi burung diakibatkan juga oleh peningkatan kebisingan karena kegiatan pengangkutan material. Mengingat di wilayah studi terdapat “core area” burung pantai yang di dalamnya ada spesies burung langka, maka pembuatan tata guna pesisir dan pantai dalam rangka pengembangan pelabuhan perlu memperhatikan kondisi tersebut di atas.

- Penurunan kualitas air laut diakibatkan oleh kegiatan pengerukan dasar laut untuk dermaga dan reklamasi, disamping itu kegiatan tersebut juga akan berdampak terhadap penurunan kuantitas dan diversitas biota air laut (indeks diversitas). Penurunan kualitas air laut, terutama untuk parameter kekeruhan menimbulkan dampak turunan terhadap kuantitas dan diversitas biota air. Dengan demikian dampak terhadap kuantitas dan diversitas biota air bersifat kumulatif sinergis yang harus dikelola.
- ✓ Hasil prakiraan terhadap kegiatan-kegiatan di tahap operasi yang menimbulkan dampak penting adalah:
 - Tata guna lahan daratan di wilayah studi akan mengalami perubahan mendasar akibat keberadaan Terminal Peti Kemas dan Terminal Penumpang. Perubahan tata guna lahan daratan tersebut menimbulkan pengaruh yang positif terhadap aktivitas ekonomi karena adanya penyediaan lahan yang memungkinkan berkembangnya aktivitas ekonomi.
 - Ceceran minyak dan kotoran akibat lalu lintas kapal dan limbah cair kapal dari kegiatan perawatan kapal-kapal yang sedang berlabuh atau rede, akan menimbulkan dampak penting pada penurunan kualitas air laut. Penurunan kualitas air laut mempunyai dampak turunan terhadap diversitas biota air. Turunnya diversitas biota air (seperti Phytoplankton) akan mempengaruhi kesuburan perairan yang selanjutnya mempengaruhi pertambahan di daerah pesisir lokasi studi, yakni penurunan produktivitas. Oleh karena itu

kegiatan lalu lintas kapal dan perawatan kapal perlu memperhatikan aspek-aspek lingkungan.

2.1.2 Kajian Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Perak.

Alur pelayaran pelabuhan Tanjung Perak sudah ada kajian mengenainya, terutama menyangkut pengembangan pelabuhan di sepanjang alur pelayaran. Pada kajian tersebut pengembangan pelabuhan diasumsikan bahwa pengembangan pelabuhan dilakukan pada semua wilayah alur pelayaran selat Madura. Kajian teknis pengembangan pelabuhan dilakukan oleh PT. Pelabuhan Indonesia III sebagai pemrakarsa yang bekerja sama dengan Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat (LPM) – ITS, 2001.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Umum.

Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian rupa sehingga mampu menghancurkan energi gelombang yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Ada dua tipe tanggapan pantai dinamis terhadap gerak gelombang, yaitu tanggapan terhadap gelombang normal dan gelombang badai. Kondisi gelombang normal terjadi dalam waktu yang lebih lama dan energi gelombang dengan mudah dapat dihancurkan oleh mekanisme pertahanan alami pantai. Pada saat badai terjadi gelombang yang mempunyai energi besar menyebabkan pertahanan alami pantai tidak mampu manahannya sehingga pantai dapat tererosi dan setelah gelombang badai reda maka pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh gelombang

normal, tetapi ada kalanya pantai yang tererosi tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai terbawa arus ke tempat lain dan tidak kembali ke tempat semula, dengan demikian pantai tersebut mengalami erosi. Material yang terbawa arus tersebut akan mengendap di daerah yang lebih tenang seperti muara sungai, teluk, pelabuhan dan sebagainya yang menyebabkan terjadinya sedimentasi (*Triatmodjo, 1999*).

Wilayah pantai juga daerah yang intensif dimanfaatkan oleh manusia, seperti adanya kegiatan industri, pemukiman, pelabuhan, pertambangan, pertanian, dan pariwisata. Dimana hal itu menyebabkan timbulnya peningkatan kebutuhan lahan, prasarana dan sebagainya. Hal itu menimbulkan masalah baru :

- Erosi, yang merusak kawasan pemukiman dan prasarana kota, yang berupa mundurnya garis pantai. Hal ini terjadi karena adanya gelombang, arus, kegiatan manusia seperti penebangan hutan bakau, pengambilan karang pantai, penambangan pasir, pembangunan pelabuhan atau bangunan pantai lainnya.
- Sedimentasi, tanah timbul yang menyebabkan majunya garis pantai. Hal ini membawa dampak yang menguntungkan karena timbulnya lahan baru, sementara dampak lainnya adalah tersumbatnya muara sungai dan saluran drainase yang mengakibatkan banjir dan sebagainya.

2.2.2 Angin

Gelombang dilaut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang tsunami dan sebagainya. Gelombang

dapat menimbulkan energi untuk membentuk garis pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung diatas permukaan laut atau pengukuran di darat dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin dilaut. Data angin dicatat tiap jam dan biasanya disajikan dalam tabel. Karena jumlah data angin yang sangat besar, maka harus diolah dan disajikan dalam bentuk tabel (ringkasan) atau diagram yang disebut dengan mawar angin (windrose). Dengan tabel atau mawar angin tersebut maka karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat.

Hubungan antara angin diatas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh :

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.1)$$

Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus berikut :

$$U_A = 0,71 R_L^{1,23} \quad (2.2)$$

Dimana : U_W = kecepatan angin diatas daratan

U_L = kecepatan angin diatas laut

U_A = kecepatan angin dalam m/d

Didalam peninjauan pembangkitan gelombang dilaut, fetch dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Didaerah pembentukan gelombang,

gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. Fetch rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut :

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.3)$$

Dimana :

F_{eff} : fetch rerata efektif

X_i : panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang keujung akhir fetch

α : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 60 sampai sudut sebesar 420 pada kedua sisi arah angin.

2.2.3 Gelombang

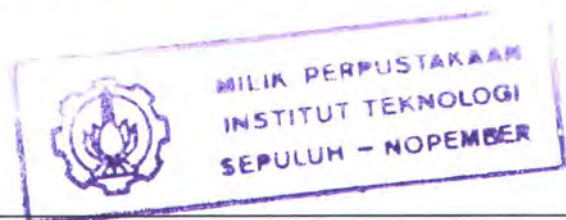
Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus didaerah dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkannya berbeda. Daerah yang dilintasi gelombang tersebut adalah *offshore zone*, *surf zone*, dan *swash zone*. Diantara ketiga daerah tersebut, karakteristik gelombang di surf zone dan swash zone adalah yang paling penting di dalam analisis proses pantai. Arus yang terjadi pada daerah tersebut sangat tergantung pada arah datang gelombang.

Ada dua sistem arus yang disebabkan oleh gelombang di daerah *nearshore zone* yang mendominasi gerakan air selain gerakan yang disebabkan oleh gelombang secara langsung (Komar, 1984), yaitu :

- a. Sirkulasi sel dengan *rip current* dan *longshore current* yang berasosiasi dengannya.
- b. *Longshore current* yang dihasilkan oleh *oblique wave* yang menjalar ke arah pantai.

Sirkulasi sel dengan *rip current* terjadi karena adanya variasi sepanjang pantai dari tinggi gelombang pecah. Gelombang yang pecah pada pantai yang miring akan menyebabkan terjadinya kenaikan gelombang (*wave setup*) dipantai, yang menaikkan elevasi muka air diatas elevasi muka air diam. Kenaikan gelombang disepanjang pantai adalah tidak sama. Hal ini dapat menyebabkan kemiringan muka air disepanjang pantai yang dapat menimbulkan aliran air disepanjang pantai menuju tempat dengan muka air lebih rendah. Tempat ini merupakan pertemuan arus sepanjang pantai yang berasal dari sebelah kiri dan kanannya. Sesuai dengan hukum kontinuitas, maka massa air yang menuju tempat tersebut dibelokkan kembali ke arah laut yang membentuk arus yang dikenal dengan Rip Current. Rip current terjadi pada tempat dimana tinggi gelombang pecah adalah kecil.

Perbedaan tinggi gelombang pecah disepanjang pantai ini dapat dijelaskan oleh studi refraksi pada daerah yang mempunyai garis kontur tidak teratur. Arus sejajar pantai dimulai dari lokasi penguncupan garis orthogonal, sedang rip current terjadi pada daerah dimana garis orthogonal menyebar.



Pada suatu pantai yang panjang dapat terjadi beberapa sirkulasi sel, yang tergantung pada kondisi topografi di daerah tersebut. Komponen-komponen dari sirkulasi sel adalah transpor massa air ke arah darat yang terjadi pada waktu gelombang pecah, arus sejajar pantai, dan *rip current*. *Rip current* ini mempunyai kecepatan yang sangat besar sehingga dapat menyebabkan terbawanya sedimen pantai.

Sedangkan *Longshore Current* adalah arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai (Triatmodjo, 1999). Arus sejajar pantai dapat mengangkut sedimen yang telah digerakkan (dierosi) oleh gelombang, dan terus terbawa sepanjang pantai. Sedimen yang terangkut tersebut dikenal dengan transpor sedimen sepanjang pantai.

Perhitungan panjang gelombang pada perairan tertentu secara teoritis dapat dihitung dengan rumusan berikut :

$$L_o = gT^2/2\pi = 1.56 T^2 \quad (2.4)$$

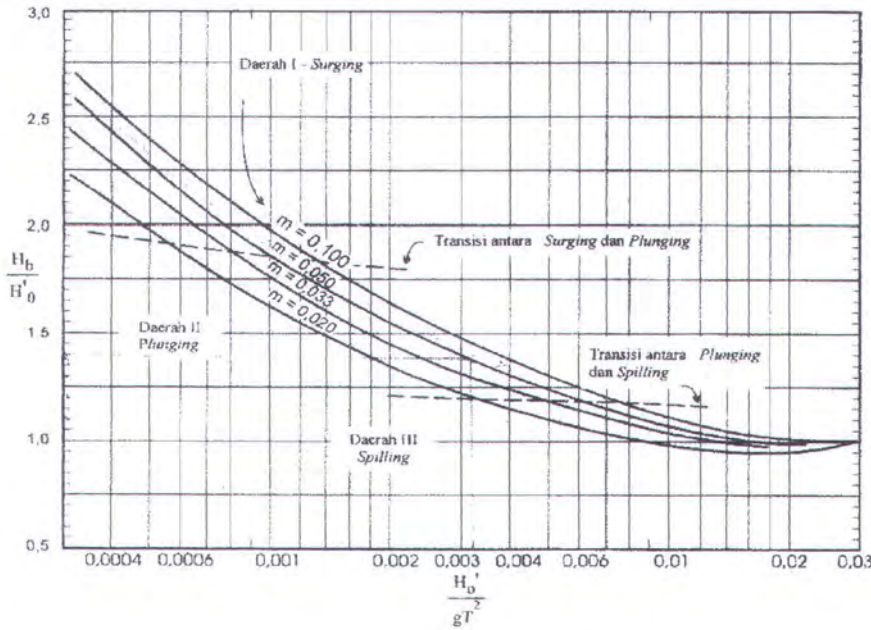
Dimana : L_o = panjang gelombang dilaut dalam

g = percepatan gravitasi

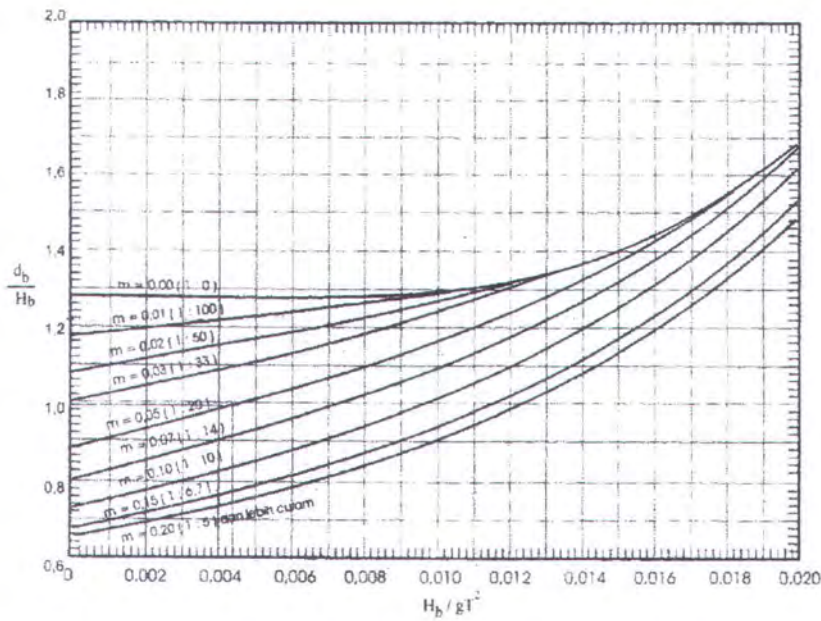
T = periode gelombang

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk dengan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada suatu kedalaman tertentu. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah.

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Gelombang dari laut alam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah d_b . Tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b . (CERC,1984) membuktikan bahwa H_b/H_o' dan d_b/H_b tergantung pada kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang yang ditunjukkan dalam dua grafik. Grafik pertama menunjukkan hubungan antara H_b/H_o' dan H_o'/L_o , sedangkan grafik kedua menunjukkan hubungan antara d_b/H_b dan H_b/gT^2 untuk berbagai kemiringan dasar laut.



Gambar 2. 1 Penentuan tinggi gelombang pecah (Triatmodjo, 1999)



Gambar 2. 2 Penentuan kedalaman gelombang pecah (Triatmodjo, 1999)

2.2.4 Arus Dekat Pantai

Arus sejajar pantai dapat mengangkut sedimen yang telah digerakkan (dierosi) oleh gelombang, dan terus terbawa sepanjang pantai. Sedimen yang terangkut tersebut dikenal dengan transpor sedimen sepanjang pantai. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Kecepatan dan percepatan air merupakan fungsi dari tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), kedalaman perairan (d), jarak partikel dari dasar laut (z) dan waktu (t). Penentuan teori gelombang disesuaikan dengan grafik validitas teori gelombang berdasarkan parameter H/gT^2 dan d/gT^2 .

Perhitungan panjang gelombang pada perairan tertentu secara teoritis dapat dihitung dengan rumusan berikut :

$$L_o = gT^2/2\pi = 1.56 T^2 \quad (2.5)$$

Dimana : L_o = panjang gelombang dilaut dalam

g = percepatan gravitasi

T = periode gelombang

2.2.5 Pasang Surut

Didalam penentuan dan perhitungan laju sedimentasi salah satu faktor yang tidak kalah pentingnya adalah faktor perubahan muka air karena naik dan turunnya elevasi muka air laut. Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda dilangit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air laut dalam jumlah sangat besar.

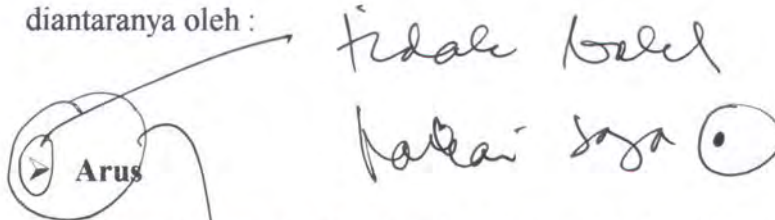
Perubahan pasang surut tidak berpengaruh langsung pada laju sedimentasi. Pasang surut mempengaruhi elevasi tinggi gelombang yang membawa material sedimen dari dan menuju ke arah pantai. Selain itu pasang surut juga berpengaruh pada kecepatan dan arah arus. Arus yang ditimbulkan oleh pasang surut cukup kuat untuk membawa material sedimen dalam jumlah yang cukup besar. Dengan demikian pengaruh pasang surut tidak bisa diabaikan begitu saja.

2.2.6 Pengaruh Kondisi Lingkungan terhadap Proses Sedimentasi

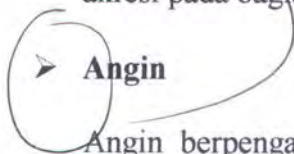
Sedimentasi adalah suatu proses pengendapan material yang terbawa oleh aliran gelombang dan arus. Transpor sedimen dapat diklasifikasikan menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan

transpor sepanjang pantai (*longshore transport*). Transpor sedimen yang menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedangkan transpor sedimen sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai. (Triatmodjo, 1999)

Sifat sedimen yang sering digunakan menyangkut ukuran (*size*), bentuk (*shape*), rapat masa (*density*), kecepatan jatuh (*fall velocity*) dan porositas. Adanya transportasi sedimen dipengaruhi oleh kondisi-kondisi lingkungan di daerah yang kita tinjau, sedangkan sumber material sedimennya dipengaruhi diantaranya oleh :



Sangat berperan dalam pemindahan material sedimen dari dan ke tempat lain, jika mempunyai kecepatan > 0.15 m/dt. Pada kondisi tertentu arus dapat mengakibatkan material di dasar laut teraduk yang mengakibatkan abrasi dan akresi pada bagian pantai.



Angin berpengaruh terhadap transportasi pasir (sumber sedimen) karena dapat menimbulkan gelombang. Semakin besar kecepatan angin maka gelombang yang ditimbulkan semakin besar. Angin dapat menimbulkan energi gelombang untuk membentuk garis pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai.

➤ **Pasang Surut**

Kecepatan arus dari pasang surut sangat penting dalam pengangkutan material sedimen. Pengangkutan material sedimen terjadi pada batas antara batas air tertinggi dengan batas air terendah (*tidal area*) mempunyai pengaruh paling besar dalam proses sedimen. Pada pantai yang landai pengaruh pasang surut akan semakin besar, karena daerah daratan yang luas menyebabkan material sedimen akan mudah tertinggal

➤ **Sungai**

Aliran sungai yang menuju ke laut merupakan salah satu sumber material sedimen. Tanah longsor dan erosi yang terjadi sejak dari daerah longsor dan erosi yang terjadi sejak dari daerah hulu hingga muara sungai merupakan sumber bahan endapan. Bahan rombakan yang terbawa oleh aliran sungai, terbawa sebagian ke laut sebagai muatan dasar (*bed load*). Bahan yang terbawa ke laut tidak semuanya mengalami sedimentasi, karena sedimen setelah di laut. Pada kesetimbangan tertentu dimana kecepatan aliran sungai dengan pengaruh gelombang dan arus laut, maka akan terjadi sedimentasi pada pertemuan air sungai dengan air laut (muara).

➤ **Dasar Laut dan Morfologi Pantai**

Dasar laut yang berbeda akan memberikan respon yang berbeda dalam pengendapan material sedimen yang tersuspensi. Dasar laut yang lebih landai mempunyai potensi yang lebih besar untuk terjadinya sedimentasi. Kondisi yang demikian itu selain mempengaruhi sifat gelombang dan arus di pantai tersebut, juga memberi kesempatan pada partikel sedimen untuk mengalami pengendapan dalam waktu yang relatif lama. Morfologi pantai juga dalam

waktu yang relatif lama. Morfologi pantai juga memberi dampak yang berbeda antara tipe pantai yang satu dengan yang lainnya. Pantai yang berbatu/karang akan mengalami abrasi dan akresi yang lebih lambat dibandingkan dengan pantai yang berpasir.

➤ Gelombang

Merupakan faktor yang penting dalam proses transportasi sedimen di daerah littoral. Pengaruh gelombang terhadap pemindahan material sedimen dapat ditinjau pada dua zone yaitu : zone gelombang laut dangkal (*zone of shoaling wave*) dan zone pantai (*beach*).

2.2.7 Sedimentasi

2.2.7.1 Sedimen Pantai

Sifat-sifat sedimen pantai adalah sangat penting didalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya.

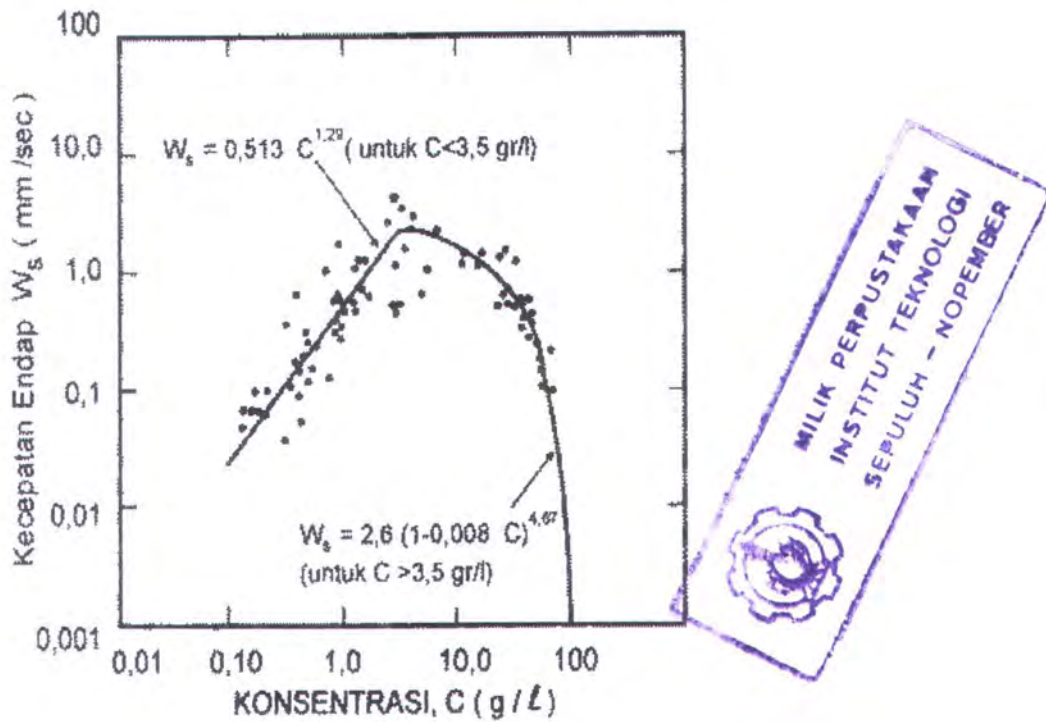
- Distribusi ukuran butir biasanya dianalisis dengan saringan dan dipresentasikan dalam bentuk kurva prosentase berat kumulatif. Pada umumnya distribusi ukuran butiran pasir mendekati distribusi log normal, sehingga sering digunakan pula skala satuan phi.

$$\phi = -\log_2 D \quad (2.6)$$

- Kecepatan endap butir sedimen juga perlu didalam mempelajari mekanisme transpor sedimen, terutama untuk sedimen suspensi. Untuk

sedimen kohesif, seperti pasir, kecepatan endap dipengaruhi oleh rapat massa sedimen dan air, viskositas air, dimensi dan bentuk partikel sedimen. Sedangkan untuk sedimen kohesif, kecepatan endap dipengaruhi oleh banyak faktor seperti konsentrasi sedimen suspensi, salinitas, dan diameter partikel. Konsentrasi suspensi adalah parameter paling penting dalam proses flokulasi, yang berarti juga pada kecepatan endap.

- Rapat massa ρ adalah massa tiap satuan volume, sedang berat jenis γ adalah berat tiap satuan volume. Terdapat hubungan antara berat jenis dan rapat massa, yang mempunyai bentuk $\gamma = \rho g$. Rapat massa atau berat jenis sedimen merupakan fungsi dari komposisi mineral. Rapat relatif adalah perbandingan antara rapat massa suatu zat dengan rapat massa air pada 4°. rapat massa air pada temperatur tersebut adalah 1000 kg/m³. Rapat relatif pasir adalah sekitar 2,65. Untuk sedimen kohesif rapat massa sedimen tergantung pada konsentrasi endapan. Konsentrasi endapan dipengaruhi oleh waktu konsolidasi.



Gambar 2. 3 Pengaruh konsentrasi suspensi terhadap kecepatan endap

(Triatmodjo, 1999)

Sedimen pantai bisa berasal dari erosi pantai itu sendiri, dari daratan yang dibawa oleh sungai, dan dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai. Sifat-sifat sedimen pantai adalah sangat penting didalam mempelajari proses erosi dan sedimentasi. Sifat-sifat tersebut adalah ukuran partikel dan distribusi butir sedimen, rapat massa, bentuk, kecepatan endap, tahanan terhadap erosi, dan sebagainya.

Pada setiap tahapan diatas, semuanya tergantung pada gerakan air dan karakteristik material pantai yang terangkut. Pada daerah pesisir pantai gerakan dari air dapat terjadi karena adanya kombinasi dari gelombang dan arus. Gelombang yang lebih utama yang memiliki karakteristik untuk mengaduk dan

melepaskan material di dasar laut, sementara arus hanya bersifat memindahkan material sedimen ke tempat lain.

Faktor yang penting dalam sedimen transport adalah karakteristik sedimen itu sendiri. Karakteristik utama adalah diameter (D) dan rapat massa (ρ_s) dimana kedua parameter tersebut harus diperhitungkan dalam perhitungan transport sedimen karena kedua parameter tersebut mempunyai harga berbeda antar sedimen satu dengan lainnya.

Ukuran butir median D_{50} adalah paling banyak digunakan untuk ukuran butir pasir. Berdasarkan distribusi log normal tersebut, ukuran butir rerata D_m dan standar deviasi σ_D dapat dihitung dengan tabel berikut :

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Batu		256	-8
Cobble		128	-7
Koral (pebble)	Besar	64	-6
	Sedang	32	-5
	Kecil	16	-4
	Sangat Kecil	8	-3
Kerikil		4	-2
Pasir	Sangat Kasar	2	-1
	Kasar	1	0
	Sedang	0.5	1
	Halus	0.25	2
	Sangat Halus	0.125	3
Lumpur	Kasar	0.063	4
	Sedang	0.031	5
	Halus	0.015	6
	Sangat Halus	0.0075	7
Lempung	Kasar	0.0037	8
	Sedang	0.0018	9
	Halus	0.0009	10
	Sangat Halus	0.0005	11
		0.0003	12

Tabel 2. 1 Klasifikasi ukuran butir dan sedimen

$$D_m = \sqrt{D_{16} D_{84}} \quad \sigma_D = \sqrt{\frac{D_{84}}{D_{16}}} \quad (2.7)$$

Dengan notasi D_p adalah ukuran dimana $p\%$ dari berat sampel adalah lebih halus dari diameter butir tersebut. Untuk mengukur derajat penyebaran ukuran butir terhadap nilai rerata sering digunakan koefisien S_0 yang didefinisikan sebagai :

2.2.7.2 Mekanisme Transpor Sedimen Oleh Gelombang

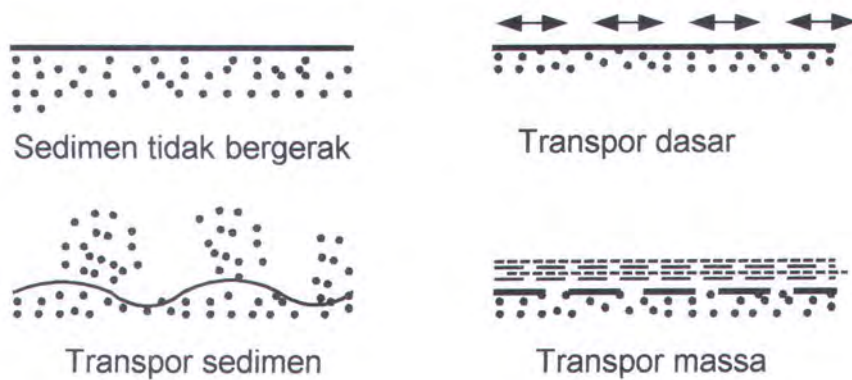
Dilaut dalam, gerak partikel air karena gelombang jarang mencapai dasar laut. Sedang dilaut dangkal, partikel air didekat dasar bergerak naik dengan bertambahnya tinggi gelombang dan berkurang dengan kedalaman. Didalam mempelajari transpor sedimen, kecepatan partikel air didekat dasar (u_b) dinyatakan dalam bentuk tegangan geser τ_b . Hubungan antara tegangan geser dan kecepatan partikel air dinyatakan dalam bentuk :

$$\tau_b = \rho \cdot u_*^2 \quad (2.8)$$

dengan :
$$u_* = \sqrt{\frac{f}{2}} \cdot u_b \quad (2.9)$$

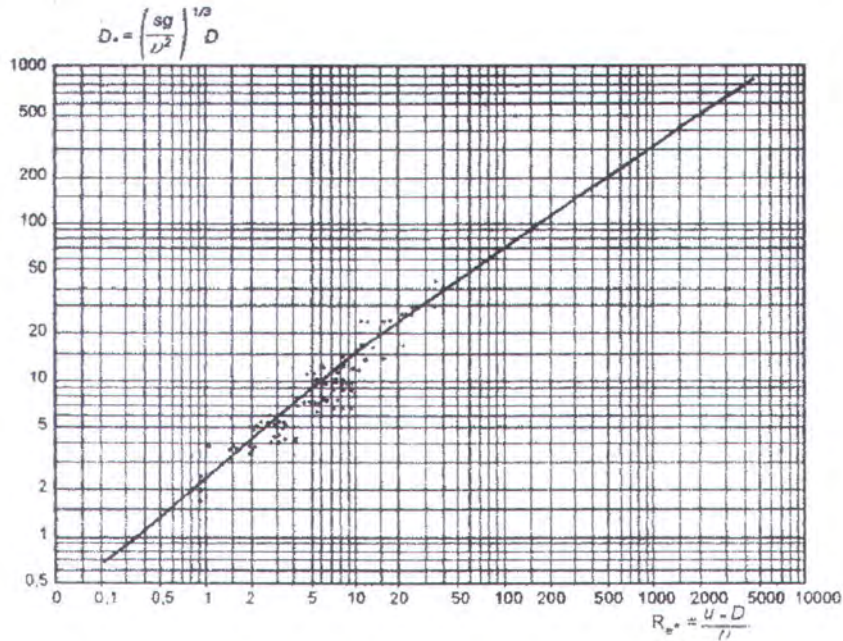
Dimana ρ adalah rapat masa air, u^* adalah kecepatan geser dan f adalah faktor gesekan. Kecepatan partikel air didekat dasar atau yang dinyatakan dalam bentuk tegangan geser tersebut berusaha untuk menarik sedimen dasar. Sementara itu sedimen dasar memberikan tahanan yang dinyatakan dalam bentuk kecepatan kritik erosi atau tegangan kritik erosi. Kedua parameter tersebut tergantung pada sifat dasar seperti diameter, bentuk dan rapat massa sedimen untuk sedimen non-

kohesif (pasir) dan kohesifitas antara partikel untuk sedimen kohesif (lumpur, lempung).



Gambar 2. 4 Pengaruh tegangan geser terhadap gerak sedimen dasar

Sedimen bergerak maju mundur sesuai dengan gerak partikel air. Selanjutnya kenaikan kecepatan dapat mempercepat gerak tersebut, dan transpor sedimen yang terjadi disebut transpor dasar (*bed load*). Dengan semakin bertambahnya kecepatan didekat dasar, gerak partikel sedimen semakin kuat dan kemudian sedimen membentuk ripple, yaitu dasar laut bergelombang kecil dengan puncaknya tegak lurus arah gelombang. Ukuran ripple tergantung pada amplitudo dan periode dari gerak air didekat dasar, ukuran butir dan rapat massa material dasar (Horikawa, 1988). Dengan terbentuknya ripple akan meningkatkan turbulensi, dan partikel sedimen akan terangkat dalam bentuk suspensi. Transpor sedimen dalam bentuk suspensi diatas dasar disebut transpor sedimen suspensi. Apabila gerak air semakin kuat, ripple akan menghilang dan terjadi transpor massa dimana suatu lapis dengan tebal tertentu terangkat dalam bentuk transpor sedimen dasar dan suspensi.



Gambar 2. 5 Awal gerak sedimen karena pengaruh gelombang

(Triatmodjo, 1999)

2.2.7.3 Transpor Sedimen Pantai

Transportasi sedimen adalah perpindahan material sedimen dari suatu kawasan tertentu, dalam hal ini di pantai sebagai daerah littoral. Menurut Pratikto (1996) Perpindahan ini biasanya berupa penambahan (*in flow*) atau pengurangan material (*out flow*). Jika pengurangan lebih banyak daripada penambahan material sedimen maka pada daerah control terjadi erosi (penggerusan material sedimen), sebaliknya jika *out flow* lebih sedikit dibandingkan dengan *in flow* maka pada daerah control terjadi proses akresi.

Secara umum proses transpor sedimen dapat dibagi dalam tiga tahapan:

- a. teraduknya material kohesif dari dasar laut hingga tersuspensi atau lepasnya material nonkohesif dari dasar laut.
- b. perpindahan material secara horisontal.
- c. pengendapan kembali partikel/material sedimen tersebut.

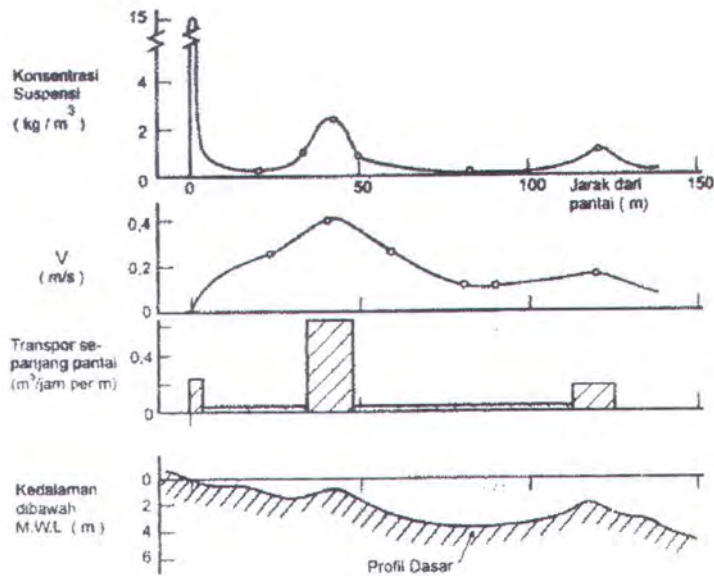
Masing-masing tahap tersebut tergantung pada gerakan air dan karakteristik sedimen yang terangkut.

Gerakan air pada dasarnya berbeda antara arus semata (kanal/sungai) atau gelombang semata (kolam/danau) atau kombinasi gelombang dan arus seperti yang terjadi di pesisir pantai. Gelombang terutama lebih bersifat melepaskan material di dasar dan mengaduknya, sementara arus lebih bersifat memindahkan material sedimen ke tempat lain. Namun dapat pula gelombang dapat memindahkan partikel sedimen ke tempat lain dan arus dapat mengangkut dan mengaduk sedimen dari bagian dasar. Transpor sedimen pantai dibagi menjadi dua yaitu :

1. Angkutan Sedimen Sepanjang Pantai

Angkutan sedimen sepanjang pantai atau *longshore sediment transport* adalah suatu angkutan sedimen yang sejajar dengan garis pantai, merupakan hasil dari terangkatnya (*suspensi*) butir-butir material pantai (pasir) oleh adanya turbulensi yang diakibatkan oleh adanya gelombang pecah. Sedimen tersebut digerakkan oleh dua komponen yaitu energi gelombang sejajar pantai dan arus yang sejajar pantai yang dibentuk oleh gelombang pecah. Transpor sedimen ini terjadi di *surf zone*, dengan arah transpor sedimen dipengaruhi

langsung oleh arah gelombang atau sudut yang dibentuk oleh puncak gelombang (*wave crest*) dengan garis pantai.



Gambar 2. 6 Konsentrasi sedimen, arus dan transpor sepanjang pantai

(Triatmodjo, 1999)

2. Angkutan Sedimen Tegak Lurus Garis Pantai

Angkutan sedimen tegak lurus garis pantai dikenal juga dengan *onshore-offshore transport* adalah angkutan sedimen tegak lurus garis pantai., ditentukan terutama oleh gelombang, ukuran butir sedimen, dan kemiringan pantai. Angkutan sedimen ini biasanya terjadi dalam waktu yang relatif singkat seperti proses angkutan sedimen tegak lurus yang dikaitkan oleh terjadinya gelombang pasang (*storm waves*).

2.2.8 Pemodelan dengan Software SMS

2.2.8.1 Analisa Pola Arus

Analisa pola arus diperlukan dalam perhitungan besarnya sedimen yang terjadi pada pantai. Dalam hal ini akan dipakai salah satu software yang dibuat oleh King and Norton dalam Resource Management Associates (RMA) dan Waterway Experiment Station (WES) coastal and Hydroulic Laboratory Brigham Young University.

a. Persamaan Dasar

RMA2 WES melakukan analisa pola arus dan kecepatannya secara 2 dimensi, yang menggunakan persamaan-persamaan berikut :

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{p} \left[E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] + gh \left[\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{gun^2}{(1.486h^{1/6})^2} (u^2 + v^2)^{1/2}$$

$$- \zeta V_a^2 \cos \psi - 2hv\omega \sin \phi = 0 \quad (2.10)$$

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{p} \left[E_{yx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right] + gh \left[\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right] + \frac{gun^2}{(1.486h^{1/6})^2} (u^2 + v^2)^{1/2}$$

$$- \zeta V_a^2 \cos \psi - 2hv\omega \sin \phi = 0 \quad (2.11)$$

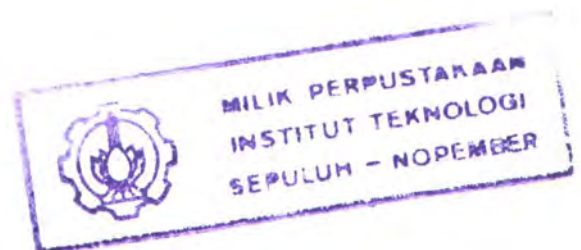
Selanjutnya :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (2.12)$$

dimana :

$$h = \text{kedalaman air}$$

u, v	=	kecepatan pada koordinat kartesius
x, y, t	=	koordinat kartesius dan waktu
ρ	=	densitas fluida
E	=	Koeffisien Eddy viskositas
xx	=	untuk arah x
yy	=	untuk arah y
xy, yx	=	geser untuk arah setiap permukaan
g	=	kecepatan gravitasi
a	=	elevasi dasar
n	=	nilai kekasaran Manning koefisien
$1,46$	=	Konversi dari satuan SI (metrik) ke non SI
ζ	=	koefisien tegangan geser angin
V_a	=	kecepatan angin
ϕ	=	arah angin
ω	=	sudut rotasi bumi
ϕ	=	garis lintang bumi



Persamaan tersebut dapat diselesaikan dengan finite element dengan menggunakan Galerkin Method. Variable waktu diasumsikan untuk bermacam-macam waktu untuk setiap langkah dalam bentuk :

$$f(t) = f(t_0) + a.t + b.t^2 \quad (2.13)$$

Untuk :

$$t_0 \leq t < t_0 + \Delta t$$

dimana nilai variabel a, b, c adalah konstan.

b. Gaya Gesek dan Kekuatan Aliran Dasar

Kekasaran dasar adalah salah satu masalah utama yang diperiksa oleh RMA2. perubahan gesekan dasar menyebabkan perubahan pada perilaku kecepatan dan arah dari fluida. Tegangan dasar geser dirumuskan :

$$\tau = \rho g R S \quad (2.14)$$

dimana :

- τ = tegangan geser
- ρ = densitas fluida
- g = kecepatan gravitasi
- R = radius hidrolik
- S = kemiringan

Tegangan geser dihitung oleh persamaan Manning jika masukn nilai kekasaran < 3.0, jika berlebih maka dipakai persamaan Chezy. Umumnya, dipilih koefisien

Manning (n) dan nilai kekasaran ini dapat ditambahkan dalam global mesh sebagai tipe material, atau tingkat element.

Persamaan Manning untuk aliran uniform adalah :

$$V = 1,49 \cdot \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (2.15)$$

dimana :

- V = kecepatan
- n = nilai Manning

Dengan menyelesaikan persamaan Manning untuk S dan disubstitusikan diperoleh persamaan untuk tegangan geser dasar, yaitu :

$$\tau = \rho g \left(\frac{n}{1.49} \right)^2 \frac{V^2}{R^{1/3}} \quad (2.16)$$

Dengan menyelesaikan R (Radius) dan mensubtitusikan, maka diperoleh

persamaan baru sebagai berikut :

$$\tau_x = \rho g \left(\frac{n}{1.49} \right)^2 \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (2.17)$$

$$\tau_y = \rho g \left(\frac{n}{1.49} \right)^2 \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (2.18)$$

dimana :

h = kedalaman.

c. Turbulensi

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya turbulensi adalah sebagai berikut :

$$E_{xx} \frac{\partial y}{\partial x^2} = \mu \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial u' v'}{\partial x} \quad (2.19)$$

dimana :

μ = Molecular Viscosity

u', v' = Turbulensi yang terjadi seketika dalam kecepatan seketika

2.2.8.2 Analisa Pola Sedimentasi

Analisa sedimentasi diperlukan untuk mengetahui tingkat sedimentasi pada suatu pantai, sehingga bisa diketahui tingkat keamanan sebuah struktur yang

dibangun dari adanya sedimentasi. Analisa sedimentasi dilakukan dengan software SED2D-WES version 4.3.

Persamaan-persamaan dasar yang dipakai adalah sebagai berikut :

a. Persamaan Convention-Diffusion

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \alpha_1 C + \alpha_2 \quad (2.20)$$

dimana :

C = konsentrasi, kg/m³

T = waktu

U = kecepatan aliran pada arah x, m/det

X = arah aliran utama, m

V = Kecepatan aliran pada arah y, m/detik

Y = arah tegak lurus terhadap x, m

D_x = koefisien difusi efektif pada arah x, m²/detik

D_y = koefisien difusi efektif pada arah y, m²/detik

α₁ = koefisien untuk bentuk dasar, 1/detik

α₂ = konsentrasi equilibrium dari bagian bentuk dasar kg/m³/detik

b. Tegangan Geser Dasar

Beberapa persamaan bisa dipilih untuk menghitung tegangan dasar geser yaitu :

$$\tau_b = \rho(u^*)^2 \quad (2.21)$$

dimana : ρ = water density

u^* = shear velocity

a. smooth-wall log velocity

$$\frac{u}{u^*} = 5,75 \log \left[3.32 \frac{u^* D}{\nu} \right]$$

yang digunakan ketika : $\frac{u^* D}{\nu} > 30$

dimana :

u = rata-rata kecepatan aliran

D = kedalaman air

ν = kinematic viskositas

b. Persamaan Tegangan geser Manning

$$u^* = \frac{\sqrt{g \cdot u \cdot n}}{CMED^{1/6}}$$

dimana :

g = kecepatan gravitasi

n = nilai kekasaran Manning

CMED = koefisien (1.0 untuk satuan metric dan 1,486 untuk satuan english)

c. A. Jonsson, persamaan untuk tegangan geser permukaan yang disebabkan oleh gelombang dan arus

$$u^* = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{f_w u_{om} + f_c u}{f_w u_{om}} \right) \left(u + \frac{u_{om}}{2} \right)}$$

dimana :

u_{om} = kecepatan maksimum gelombang

f_c = koefisien tegangan

CMED = koefisien (1.0 untuk satuan metric dan 1,486 untuk satuan english)

- d. A. Bijker, persamaan untuk perhitungan tegangan geser total yang disebabkan oleh arus gelombang.

$$u^* = \sqrt{\frac{1}{2} f_c u^2 + \frac{1}{4} f_w u_{om}^2}$$

- e. The Bed Source

Bentuk dari sumber dasar adalah, $S = \alpha_1 C + \alpha_2$ yang telah diberikan pada persamaan 1, untuk pasir dan tanah. Metode perhitungan koefisien alpha tergantung kepada tipe sedimen dan tipe kejadian berupa erosi atau deposisi.



BAB III
METODOLOGI

BAB III

METODOLOGI

3.1. Diagram Alir

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah melakukan pemodelan pola arus dan pola sedimentasi. Pemodelan ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu pengumpulan data, analisa dan pemodelan dengan software SMS versi 6.0. Untuk mendapatkan hasil yang baik dan terarah, maka dibuat bagan alir dari rencana dan langkah kerja yang dilakukan, seperti terlihat dalam Gambar 3.1

3.2. Penjelasan

Berikut ini akan dipaparkan secara singkat dari masing-masing urutan kerja yang dilakukan dalam kegiatan penelitian dan penulisan laporan Tugas Akhir. Adapun deskripsi yang dilakukan untuk setiap langkah yang ditempuh merupakan garis besar saja.

1. Studi Literatur mengenai transport sedimentasi, penyebaran sedimen sepanjang pantai.
2. Data yang dikumpulkan dalam pengerjaan Tugas Akhir untuk pembuatan model transpor sedimen di wilayah Kali-Lamong meliputi data sebagai berikut :
 - a. Peta topografi perairan kontur dasar laut (batimetri) di lokasi penelitian pada setiap titik koordinat.

- b. Data kondisi lingkungan perairan lokasi proyek seperti kedalaman laut, ketinggian dan gerakan pasang surut, data tanah dan debit sungai yang bermuara disepanjang pantai pada lokasi penelitian.
3. Pengolahan data yang meliputi antara lain sebagai berikut :
 - Penentuan kondisi batas model

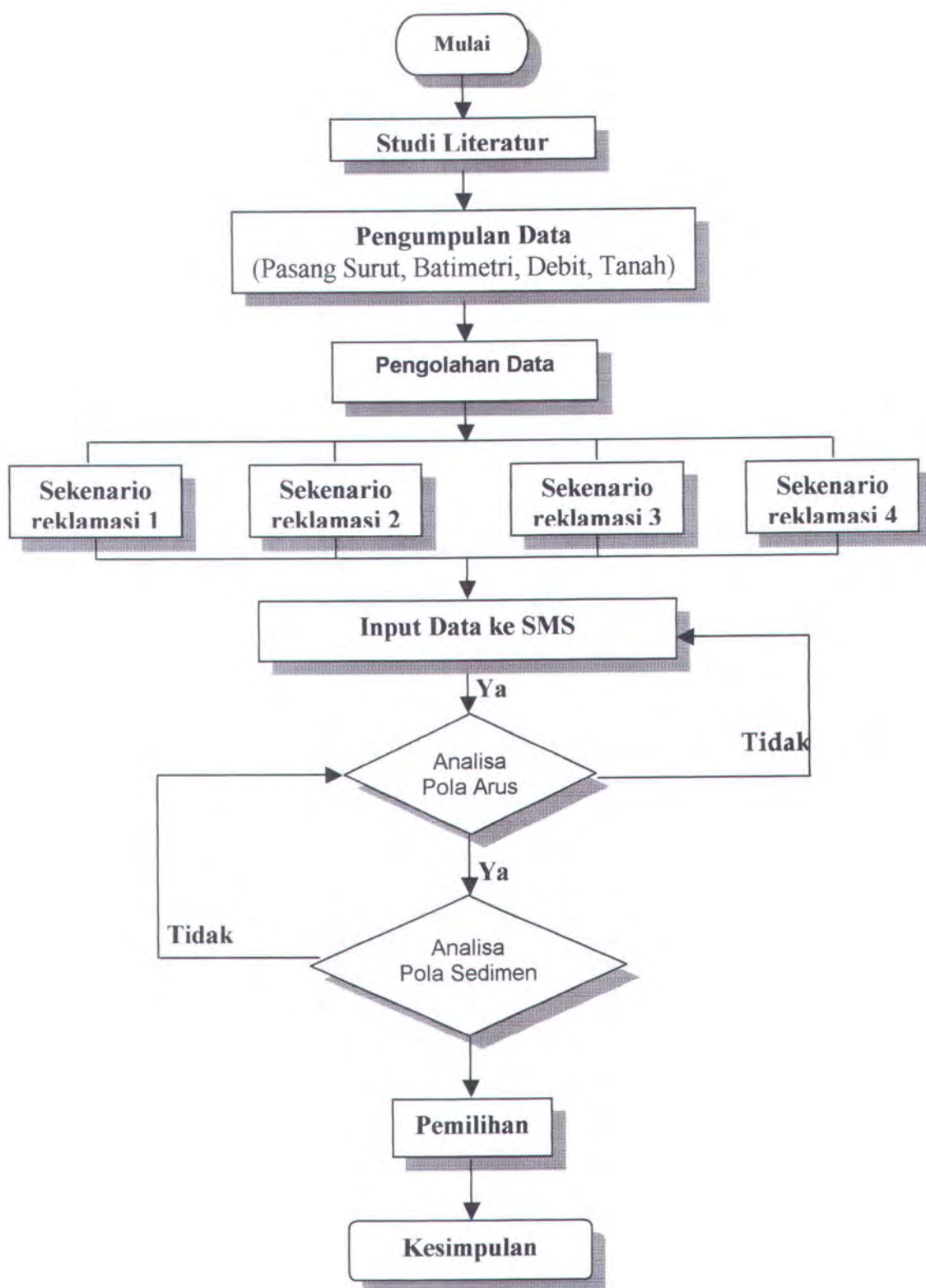
Penentuan kondisi batas ini meliputi penentuan posisi perairan lokasi penelitian, luas perairan penelitian dan posisi sungai yang ada di Kali-Lamong.
 - Penggambaran peta topografi model

Penggambaran peta topografi adalah penggambaran peta kondisi dasar laut.
 - Penentuan kondisi lingkungan model

Penetapan data lingkungan yang akan diinputkan pada software SMS 6.0 dilakukan pada tahap ini yang meliputi ketinggian dan gerakan pasang surut, debit air sungai dan data tanah.
4. Pembuatan bentuk sekenario dari rencana pengembangan pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya.
5. Data-data yang telah diolah kemudian dimasukkan ke software SMS 6.0. Data-data tersebut antara lain data pasang surut, debit sungai, Bathimetri.
6. Analisa hasil pemodelan pola arus dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan melihat output data secara numerik dan dengan melihat gambar animasi output data. Interpretasi hasil pemodelan dengan melihat output data yang berupa gambar animasi lebih dapat memberikan kejelasan gambaran hasil daripada output yang berupa data numerik. Pemodelan pola arus ini

akan memberikan gambaran pola arus yang terjadi. Pola arus ini selanjutnya digunakan sebagai input untuk menganalisa pemodelan pola sedimentasi

7. Hasil pemodelan pola sedimen juga dihasilkan dengan dua cara, yaitu data output secara numerik maupun data output berupa gambar animasi. Pemodelan pola sedimen memberikan gambaran adanya endapan yang terbawa oleh sungai.



Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan

3.3 Simulasi dengan Software SMS 6.0

3.3.1 Modul Pendukung Software SMS 6.0

1. RMA2

RMA2 merupakan modul SMS 6.0 yang memodelkan analisis hidrodinamika, menghitung kecepatan aliran dan ketinggian permukaan air pada setiap titik *mesh*. RMA2 juga berfungsi untuk menghitung batas-batas dinamis antara daerah basah dan kering pada model. Hasil dari modul RMA2 ini selanjutnya dapat dipakai pada modul RMA4 dan SED2D-WES untuk memodelkan pergerakan pencemaran air dan transpor sedimen.

2. SED2D

SED2Dd-WES merupakan modul untuk pemodelan transport sedimen, pemodelan pengikisan dasar laut (*bed scour*) dan sedimentasi yang disebabkan oleh endapan lempung dan pasir pada dasar laut.

3.3.2 Pembuatan Model pada Software SMS 6.0

Proses pemodelan pada software SMS 6.0 secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut:

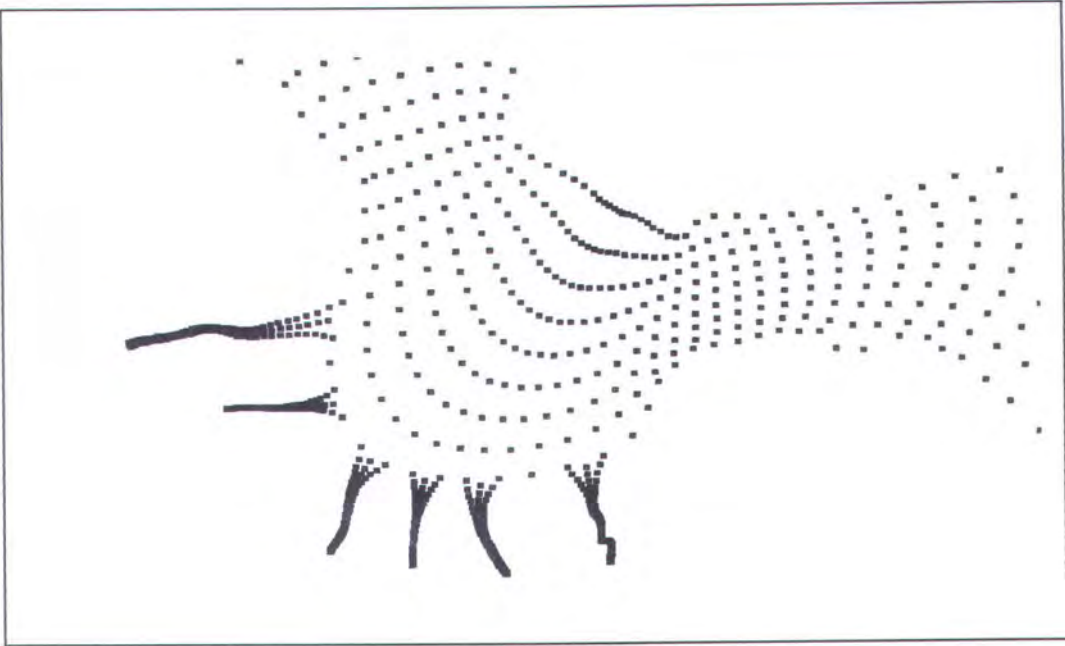
1. Penggambaran peta topografi dalam SMS 6.0 dengan penggambaran titik koordinat mengacu pada garis kontur bathimetri dengan sesuai dengan kedalaman. Hasil dari proses ini tersimpan dalam file ber-ekstensi *.geo.
2. Penggabungan titik-titik koordinat yang telah di gambar pada poin 1 di atas, sehingga didapatkan garis-garis yang menghubungkan tiap titik koordinat.
3. Menentukan Boundary Condition model dan jenis material model yang dilakukan pada setiap titik koordinat dengan memasukkan parameter-

parameter seperti densitas material, kedalaman tiap titik koordinat, dsb. Dan hasil proses ini disimpan dalam file ber-extensi *.bc.

4. Mengubah file *.geo menjadi file *.bin dengan modul GFGEN (Geometry File GENeration)
5. Proses analisis dengan menggunakan modul RMA2 sebagai tahap awal untuk mengetahui kondisi hidrodinamis pengaruh aliran fluida pada model. Output data dengan modul RMA2 ada dua yaitu yang berekstension **ot2** dan berekstension **sol**. File-file ini nantinya akan digunakan pada model SED2D

3.3.3 Pembuatan Model Kontur Kali-Lamong.

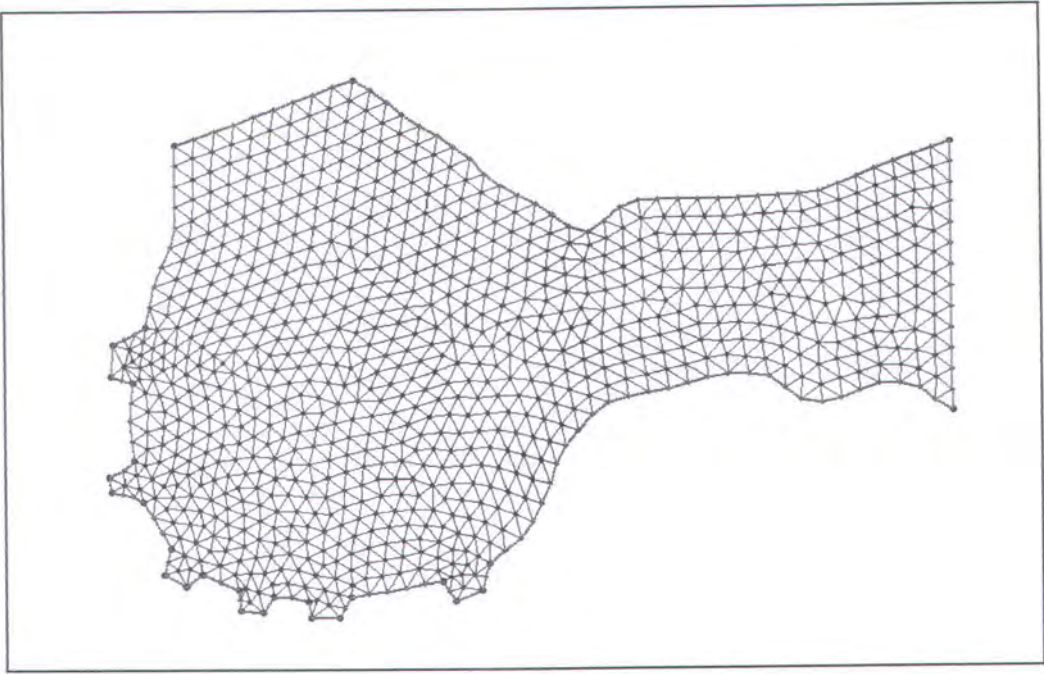
Kontur Kali-Lamong dibuat berdasarkan dari pembacaan peta bathimetri Kali-Lamong yang kemudian dimasukkan pada software SMS 6.0 sebagai titik-titik digitasi pola kontur yang akan dibuat. Pola kontur Kali-Lamong dapat di tampilkan pada gambar berikut:



Gambar 3.2 Pola kontur Kali-Lamong.

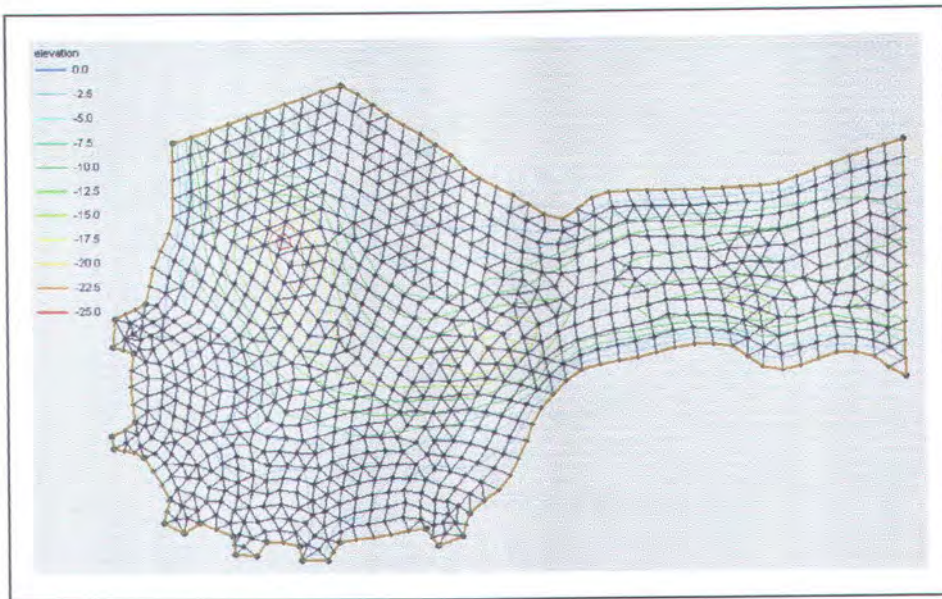
Setelah pola kontur yang berupa titik-titik tersebut telah dibuat, langkah selanjutnya adalah menghubungkan titik-titik tersebut dengan jaring-jaring yang akan membentuk elemen yang tampak pada Gambar 3.3 berikut: Titiktitik tersebut digabungkan secara triangulate (elemen-elemen segitiga), yang otomatis digabungkan oleh software SMS 6.0.





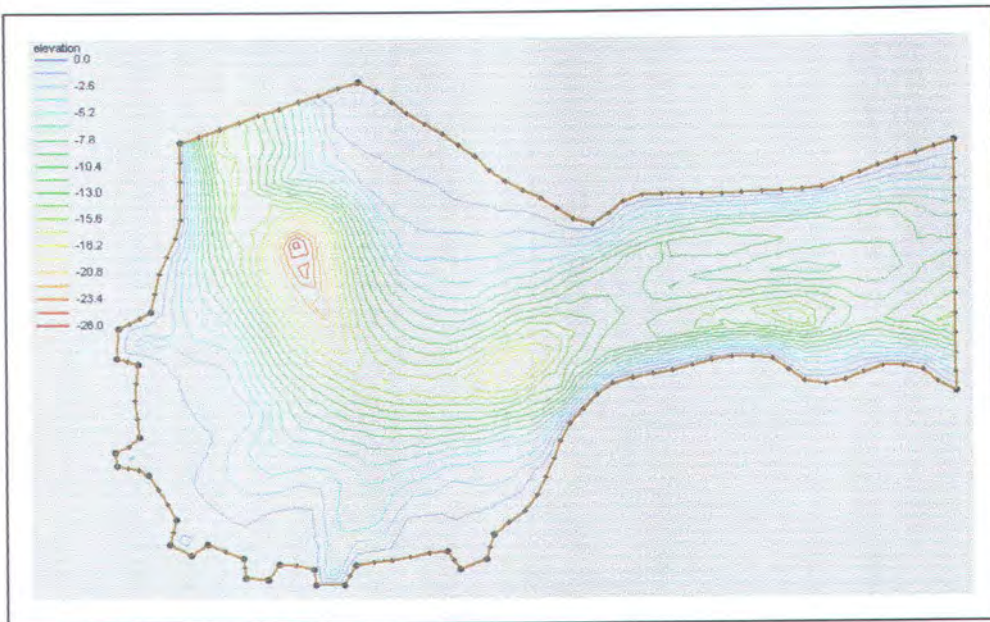
Gambar 3.3 Pembuatan jaring elemen (*Triangulate*)

Setelah jaring-jaring telah dibuat, langkah selanjutnya adalah menggabungkan elemen-elemen segitiga (*triangulate*) menjadi elemen-elemen segiempat (*quadratic*) dengan perhitungan bahwa elemen segiempat dalam SMS 6.0 secara numeris lebih stabil dan perhitungannya lebih cepat. Namun tidak semua elemen segitiga dapat dihubungkan menjadi elemen segiempat. Hal ini tidak terlalu mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil pemodelan. Gambar 3.4 adalah kontur Kali-Lamong yang telah selesai mengalami penggabungan elemen-elemen segitiga menjadi elemen segiempat.



Gambar 3.4 Kontur Kali-Lamong setelah penggabungan elemen

Setelah penggabungan elemen selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah mengisi kedalaman perairan pada setiap titik node. Kemudian untuk mendapatkan gambaran mengenai mengenai kontur yang telah dibuat, langkah selanjutnya adalah mengubah koordinat pola kontur Kali-Lamong untuk setiap kedalaman dengan gambar pola kontur berwarna. Gambar 3.5 menggambarkan kontur Kali-Lamong dengan menggunakan teknik visualisasi pada modul SMS dengan gradasi warna untuk tiap kedalaman sehingga lebih dapat mempermudah pemahaman gambar.



Gambar 3.5 Pola kontur Kali-Lamong berdasarkan kedalaman

Setelah pembuatan kontur selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah pengisian kondisi batas model seperti pasang surut dan debit air sungai. Dalam kondisi batas ini file disimpan berekstension *.bc yang akan digunakan untuk running model dengan menjalankan GFGEN yang akan mengubah file ASCII (file dalam bentuk *.geo) menjadi file BINARY (file dalam bentuk *.bin). Langkah selanjutnya adalah melakukan running model dengan menggunakan modul RMA2 yang akan mengubah file berekstension *.bc dan *.bin di atas menjadi file baru yang berekstension *.sol (file solution). File *.sol ini adalah file jenis BINARY sehingga tidak dapat dibaca secara numerik. Hasil dari running ini dapat digunakan untuk running model SED2D yang akan berfungsi untuk mengetahui gerakan sedimen.

3.4 Kesimpulan

Pada tahap ini akan dijelaskan hasil-hasil dari semua langkah yang telah dilakukan terutama tujuan yang telah dicapai. Dalam tahap ini dapat dilihat berbagai poin penting yang merupakan tujuan dari kegiatan penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir. Pada bab ini juga dicantumkan beberapa saran untuk penulisan berikutnya.



BAB IV
ANALISA DATA

BAB IV

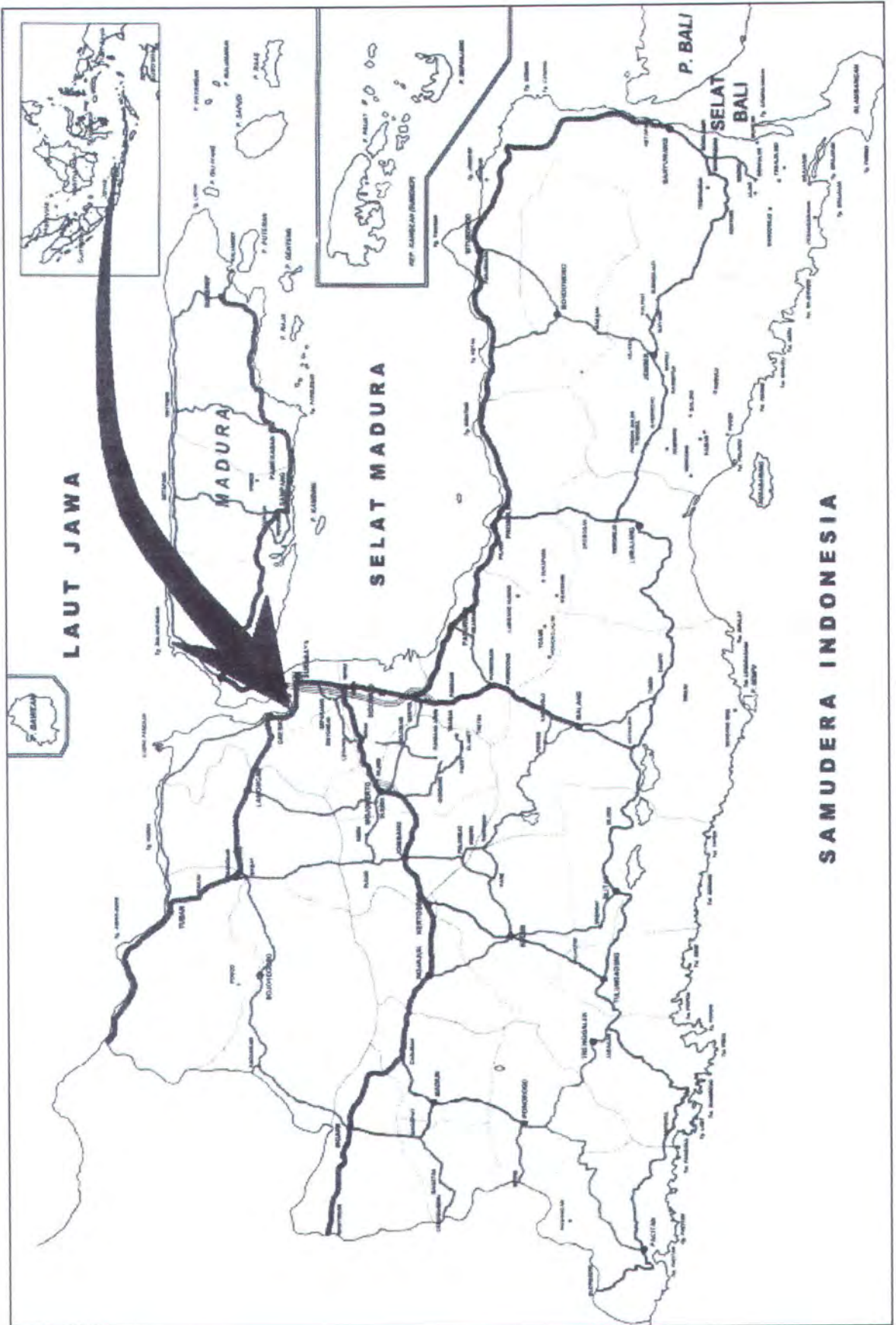
ANALISA DATA

4.1 Tinjauan Lokasi Studi

4.1.1 Umum

Tanjung Perak adalah pelabuhan terbesar kedua di Indonesia, dimana berperan sebagai jalur akses dari dan ke Indonesia timur. Pada saat ini Pelabuhan Tanjung Perak kurang mampu lagi menampung kapal-kapal terutama Peti Kemas, sehingga terjadi antrian yang mengakibatkan terhambatnya distribusi barang dan menambah biaya. Untuk mengatasi hal tersebut pihak yang berkompeten dalam hal ini adalah PT. Pelabuhan Indonesia III merencanakan pengembangan pelabuhan, terutama terminal Peti Kemas. Pengembangan yang direncanakan adalah alur barat yaitu di depan muara kali Lamong dengan membuat lahan reklamasi untuk digunakan sebagai pelabuhan. Hal tersebut akan mengakibatkan perubahan pola arus dan sedimentasi disekitar wilayah tersebut yang dapat mengganggu pelayaran, maka perlu adanya studi tentang perubahan tersebut.

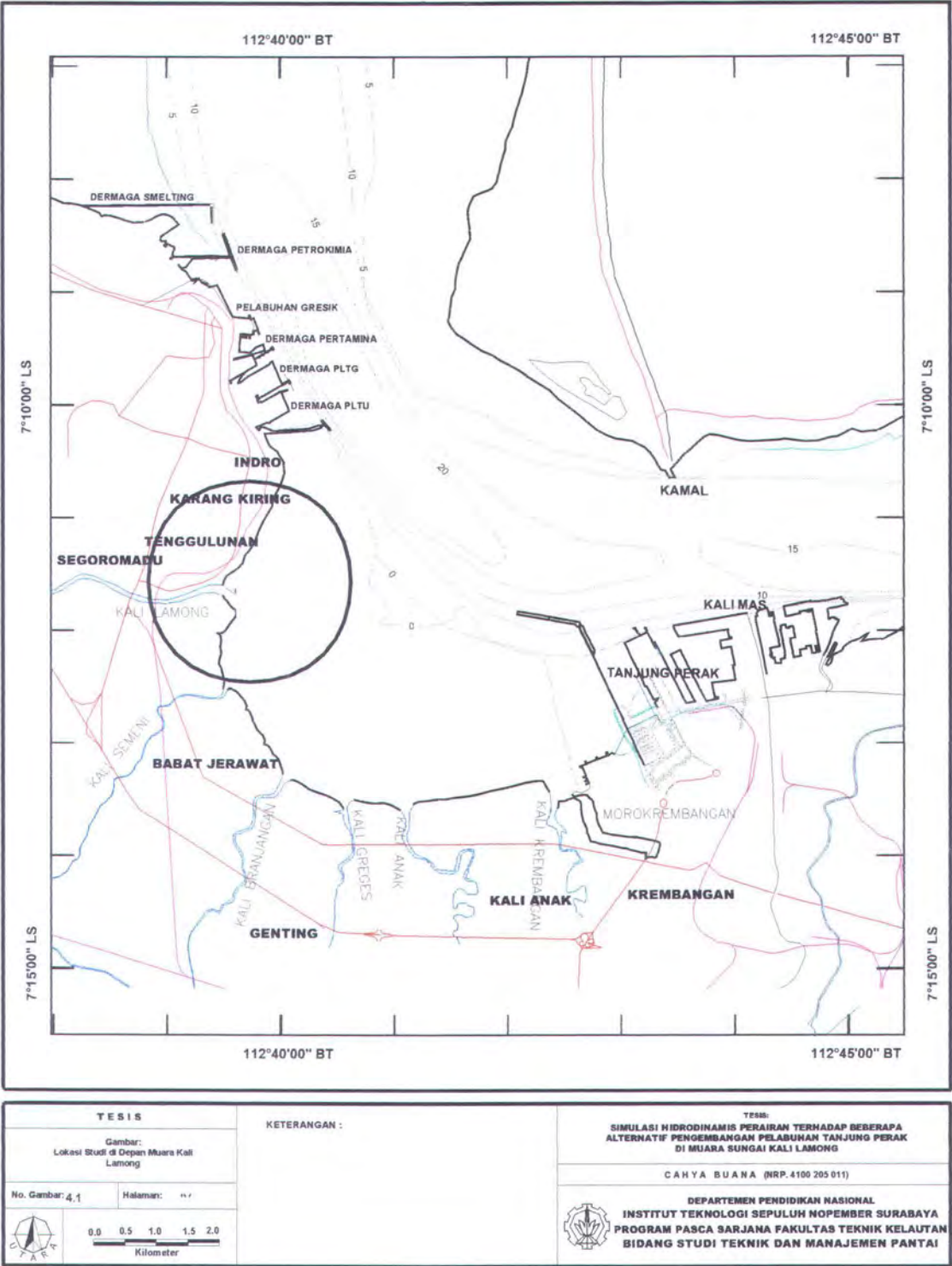
Dalam simulasi pemodelan hidrodinamika dan sedimentasi di perairan Selat Madura, dibutuhkan data-data masukan berupa data-data lapangan yang menggambarkan karakteristik perilaku hidrodinamika dan sedimentasi di lokasi tersebut. Data-data dimaksud diperoleh dari data-data sekunder dari pihak PT. Pelabuhan Indonesia III.



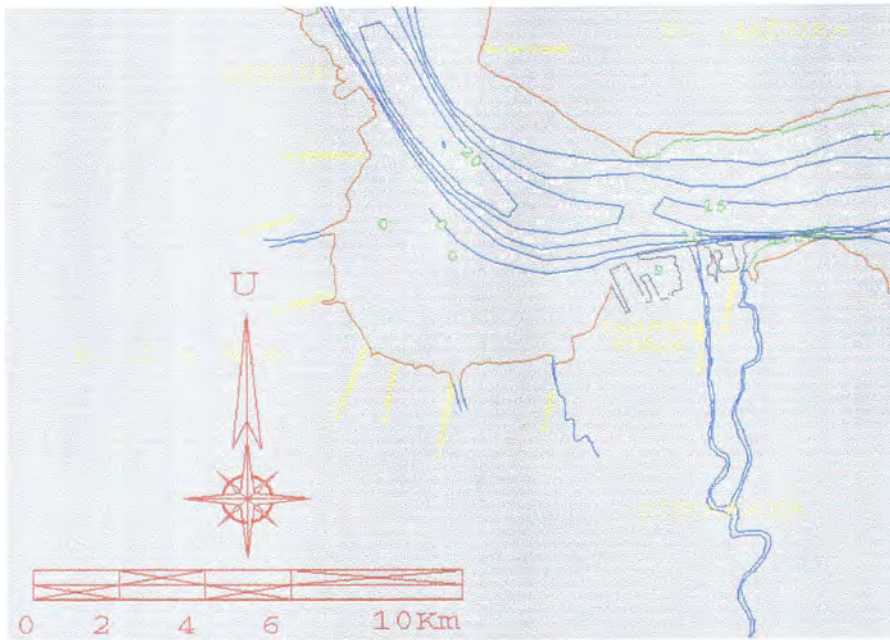
Gambar 4.1 Lokasi studi

4.2 Kondisi Hidro-Oceanografi

4.2.1 Batimetri



Gambar 4. 2 Peta hasil pengukuran Batimetri



Gambar 4.3 Peta alur perak

Data batimetri yang digunakan dalam studi Tugas Akhir ini adalah Peta Hidral Dinas Hidro-oseanografi TNI-AL (BAKOSURTANAL) dan dokumentasi yang dimiliki oleh PT Pelabuhan Indonesia III. Dari peta tersebut dapat diketahui kedalaman rata-rata dari selat Madura adalah 10m.

4.2.2 Pasang Surut

Pasang surut merupakan pola sirkulasi massa air laut. Pasang surut ini umumnya menentukan gerakan horizontal massa air dalam periode tengah harian sampai harian, tergantung pada tipe pasang surut yang terjadi pada perairan tersebut. Pasang surut dibangkitkan dengan adanya tarik-menarik (gaya gravitasi) antara benda angkasa (matahari dan bulan) terhadap massa air di bumi. Pada saat bumi, matahari dan bulan berada pada posisi yang sejajar, maka di bumi akan terjadi pasang maksimum. Pada saat bumi, matahari dan bulan berada pada posisi

tegak lurus maka gaya tarik ini saling meniadakan sehingga yang akan terjadi adalah pasang minimum.

Data pasang surut untuk penelitian ini diperoleh dari laporan pengukuran selama 15 hari berturut-turut dengan interval waktu 1 jam yang diperoleh dari data Hydros TNI AL bulan Januari tahun 2003 (*lampiran*). Gerakan pasang surut diramalkan terhadap suatu muka surutan yang letaknya 1.5m di bawah DT, dimana pengamatan dilakukan di daerah Surabaya (pelabuhan). Konstanta pasang surut hasil perhitungan dengan metode Admiralty dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Konstanta pasang surut metode Admiralty

Komponen Pasut	M ₂	S ₂	N ₂	K ₂	K ₁	O ₁	P ₁	M ₄	Z ₀
Amplitudo (cm)	44	26	9	8	47	28	14	-	60
Fase	31	20	49	18	50	91	47	-	-

Dari konstanta-konstanta diatas dapat diketahui tipe pasang surutnya yaitu dengan menggunakan rumus *Formzahl* :

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = \frac{47 + 28}{44 + 26} = 1.07$$

untuk harga F = 1.07 termasuk pasang surut bertipe campuran dengan tipe tunggal yang menonjol (*mixed, mainly diurnal*). Dimana dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode berbeda.

Data pasang surut ini dipakai sebagai input *boundary condition* SMS untuk mendapatkan pola arus maupun pola sedimen. Data pasang surut ini di analisa dan diurutkan menggunakan fasilitas Ms Excel dan merubah *file *. xls* menjadi *file* yang berekstension **.xys*. Dari data pasang surut didapatkan 360 *time step*.

4.2.3 Kondisi Sungai

Sungai berpengaruh terhadap proses sedimentasi yang terjadi. Sedimentasi bisa berasal dari material yang terbawa dari daratan maupun dari erosi pantai itu sendiri, selain itu proses sedimentasi juga bisa diakibatkan karena adanya material yang terbawa oleh arus dari laut dalam.

Kondisi umum dari sungai yang bermuara disekitar teluk Lamong dapat digambarkan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data sungai

Lokasi	Luas DAS (km ²)	Kedalaman Sungai (m)	Slope Dasar Sungai	Luas Penampang Sungai (m ²)	Elevasi Muka Air Rata-rata (m)
Kali Anak	1.985	0.48	0.00114	2.07	0.48
Kali Greges	5.765	1.21	0.0005	4.77	1.21
Kali Manukan	5.33	0.68	0.00067	2.21	0.68
Kali Branjangan	2.63	0.74	0.00057	2.63	0.74
Kali Semimi	7.64	0.84	0.0008	8.01	0.84
Kali Lamong	209.00	2.4	0.0005	174.23	2.4

Tabel 4.3 Data debit sungai

No.	Nama Sungai	Debit (m ³ /det)
1	Kali Lamong	42.03
2	Kali Sememi	1.83
3	Kali Branjangan	0.46
4	Kali Manukan	1.67
5	Kali Krambangan	1.5
6	Kali Anak	0.38

Debit sungai diperlukan sebagai input *boundary condition* SMS untuk mendapatkan pola arus maupun pola sedimen. Data debit sungai ini di diurutkan menggunakan fasilitas Ms Excel dan merubah *file* *.xls menjadi *file* yang berekstension *.xys. Data debit sungai dalam hal ini diambil sampai time step 360 atau 15 hari pengukuran menyamakan jumlah time step yang diambil dalam data pasang surut.

4.2.4 Sedimen

Data sedimen didapatkan juga dari data sekunder.

Tabel 4.4 Gradasi butiran sedimen dasar rata-rata

Jenis Butiran	Porsi (%)
Gravel	5.16
Sand	26.86
Silt	54.23
Clay	13.76

Dari gradasi tersebut dapat dilihat bahwa komponen terbesar sedimen tanah dasar di sekitar perairan Selat Madura adalah jenis lempung (silt) dan pasir.



BAB V

PEMODELAN POLA ARUS DAN SEDIMEN

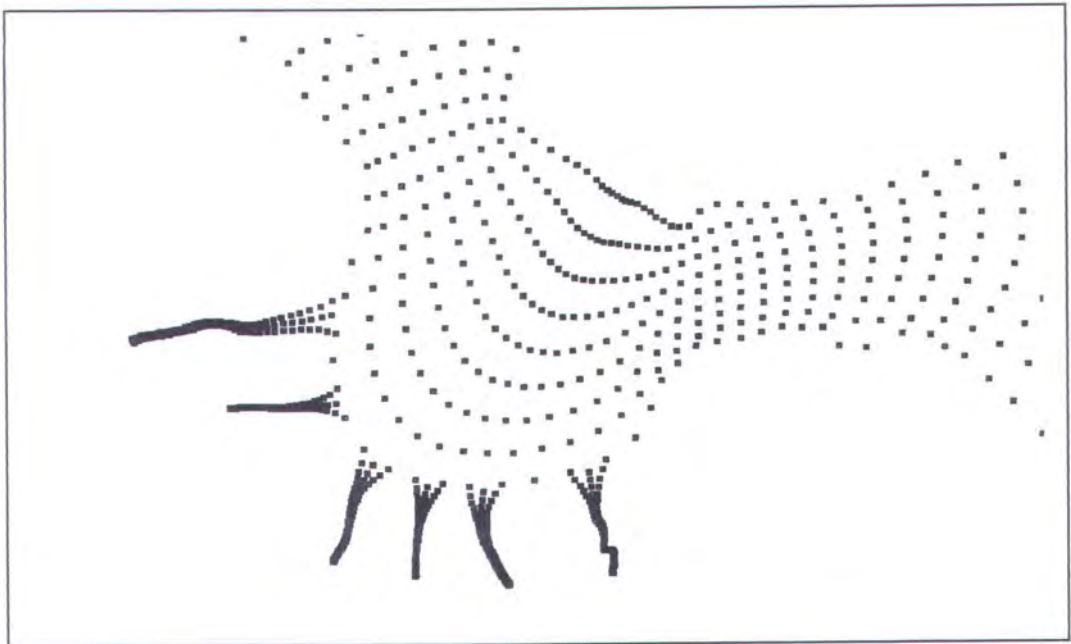
BAB V

PEMODELAN POLA ARUS DAN SEDIMEN

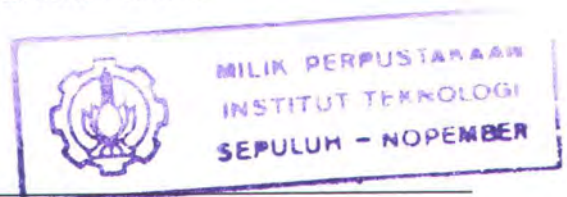
5.1 Pemodelan Dengan Surface-water Modeling System (SMS 6.0)

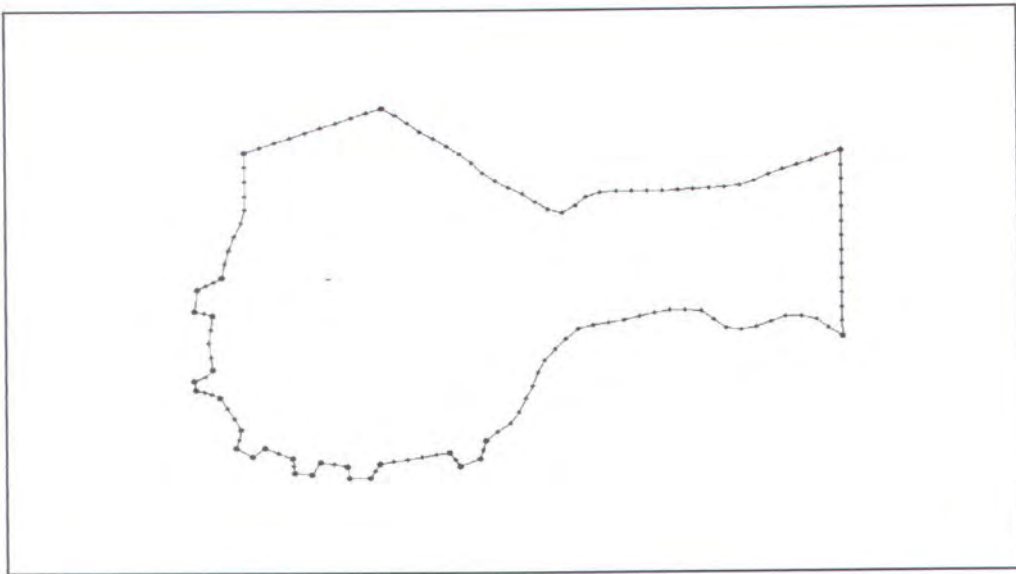
5.1.1 Pembuatan Model Kontur Dasar Laut

Pembuatan kontur dasar laut dengan menggunakan software SMS yang pertama adalah membuat titik-titik atau node sesuai dengan gambar dari peta Batimetri yang sudah di import ke dalam SMS dengan file Dxf. Kemudian dibuat peta gambar yang akan dipakai dalam simulasi dengan cara menghubungkan titik-titik sesuai dengan peta yang akan dimodelkan.



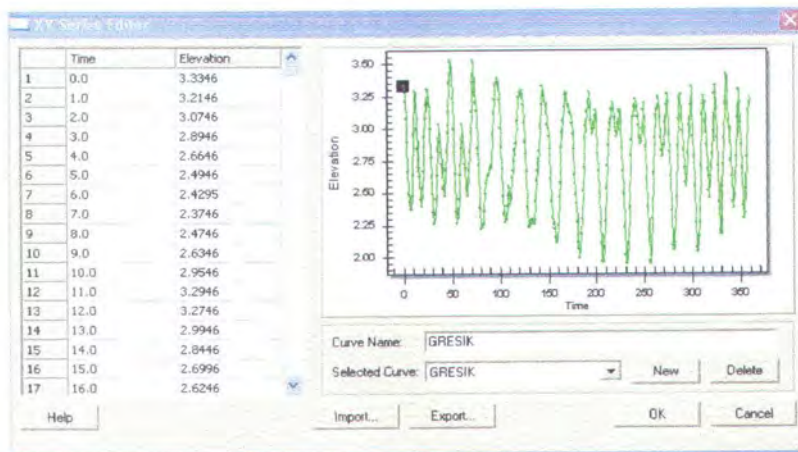
Gambar 5.1 Pola kontur selat Madura





Gambar 5.2 Peta model SMS

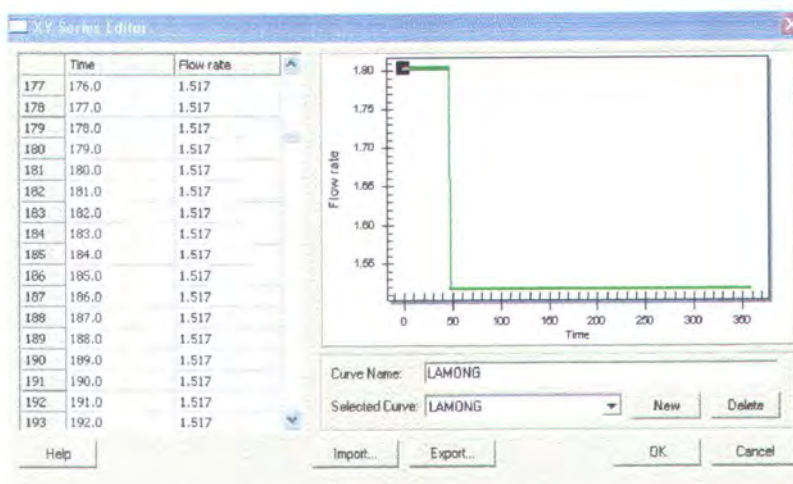
Pemasukan data batimetri ke dalam SMS dalam bentuk *node* (titik) yang mana tiap titik menginformasikan koordinat titik dan besarnya kedalaman dasar laut. Titik-titik tersebut dibuat mengikuti kontur dasar laut. Setelah data bathymetri di masukkan dan didapatkan model kontur dasar laut, kemudian dilakukan penginputan data pasang surut dan debit sungai. Dengan mengambil data pengukuran selama 15 hari pengukuran atau selama 360 jam.



Gambar 5.3 Grafik pasang-surut dalam SMS

Pasang surut digunakan sebagai *head* (elevasi muka air) dan debit sungai sebagai *flow*.

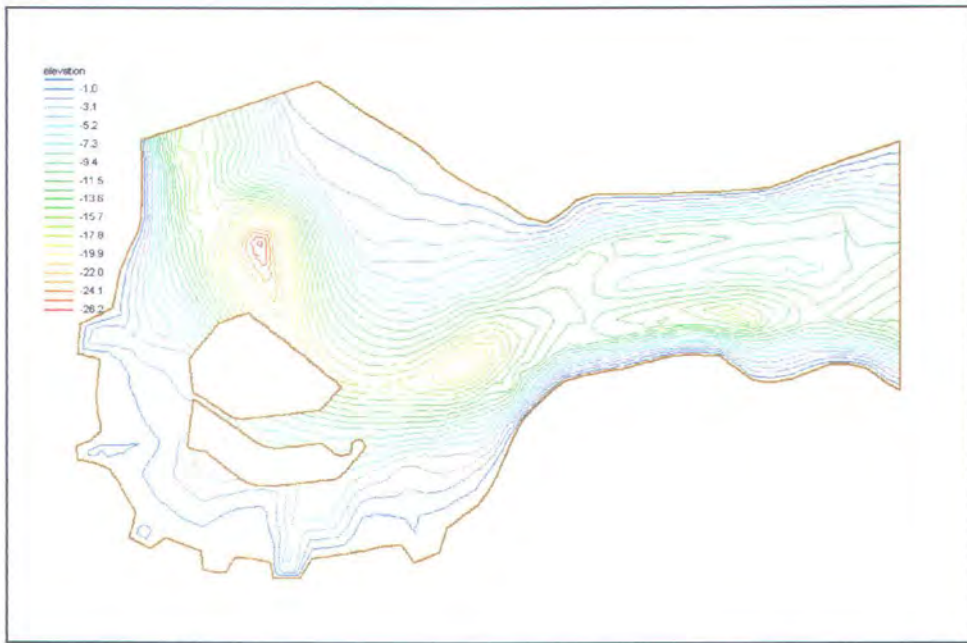
Data flow yang di masukkan ke dalam model adalah data sungai-sungai yang ada disekitar teluk Lamong yaitu Kali Lamong, Kali Branjangan, Kali Semini, Kali Krambangan, Kali Manukan, dan Kali Anak. Contoh dari grafik debit sungai dapat ditunjukkan dalam gambar 5.4 :



Gambar 5.4 Grafik debit sungai dalam SMS

Gambar diatas menunjukkan debit sungai Lamong dalam 360 time step atau 360 jam pengamatan yang digambarkan dalam bentuk grafik.

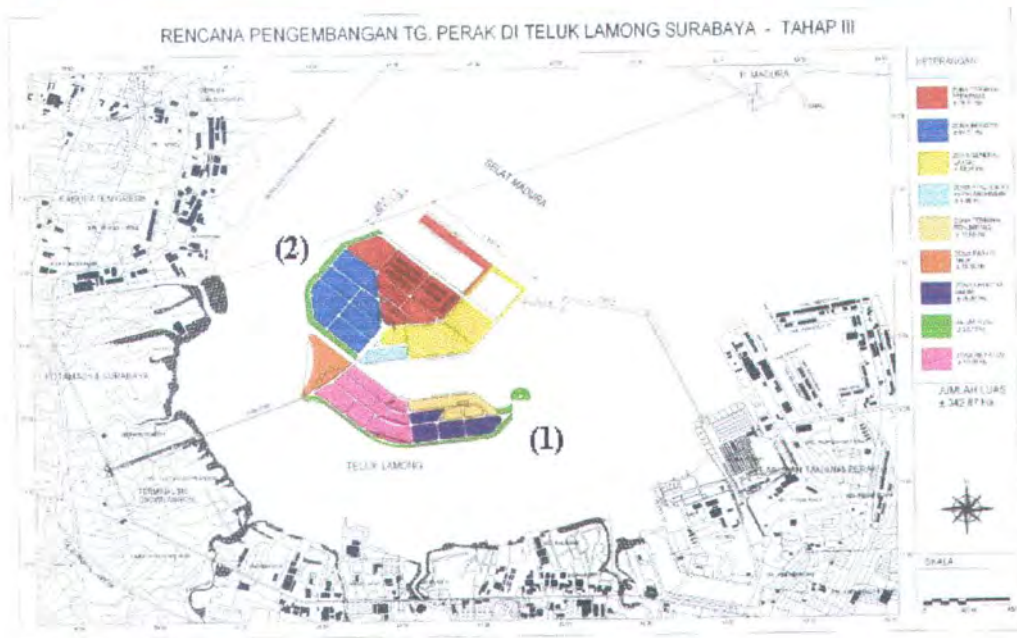
Setelah pembuatan node dan peta modul dilanjutkan dengan membuat kontur dasar dengan cara menggabungkan setiap node tersebut menjadi garis-garis (Mesh Elemen) pada SMS dan akan di dapat pola kontur kedalaman dari Selat Madura. Hal ini ditunjukkan dalam gambar 5.5 yang mana kedalaman digambarkan dengan warna-warna yang berbeda.



Gambar 5.5 Kontur kedalaman selat Madura

Dalam Tugas Akhir ini akan dibuat model simulasi dari beberapa rencana bentuk pengembangan pelabuhan Tanjung Perak yang paling sedikit menimbulkan sedimentasi disekitar wilayah tersebut. Dari data-data yang di dapat di PT. PELINDO III terdapat rencana awal atau master plan yang akan digunakan dalam pengembangan pelabuhan seperti pada gambar 5.6 dengan adanya jarak antara reklamasi 1 dan 2 sekitar 75m, tetapi juga tidak menutup kemungkinan untuk membuat beberapa alternatif yang lain karena pihak PT. PELINDO III belum melakukan simulasi Hidrodinamis yaitu pola arus dan pola sedimen. Model dari alternatif telah di konsultasikan dan disetujui oleh pihak PT. PELINDO III dan dosen pembimbing. Rencana awal dapat digambarkan pada gambar 5.6 :

TAHAP III : 2014 - 2025

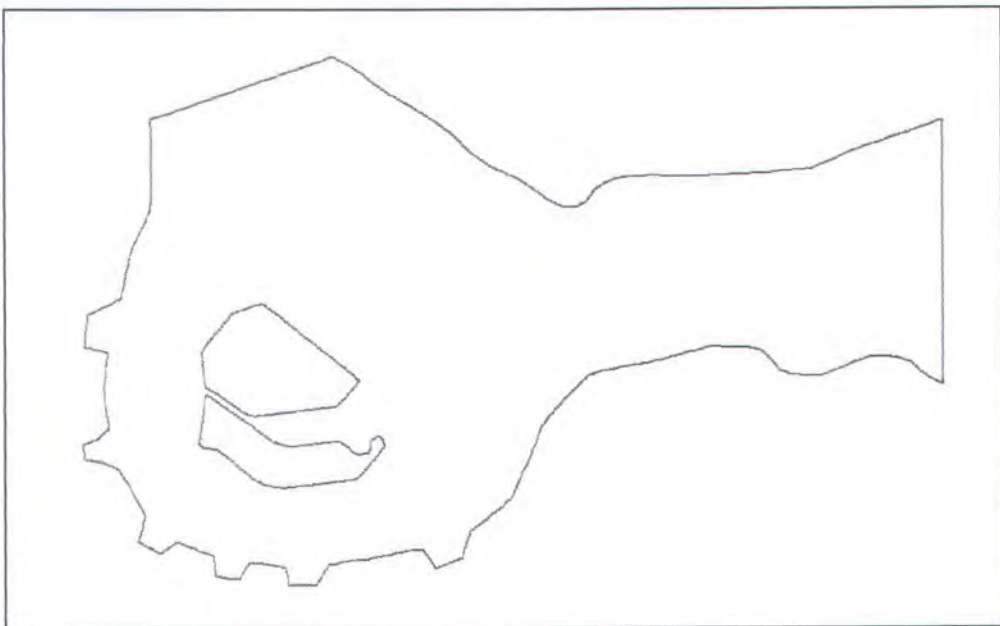


Gambar 5.6 Rencana awal pengembangan

Di dalam rencana pengembangan pelabuhan seperti pada gambar 5.6, dapat dilihat bahwa master plan berupa pelabuhan di tengah teluk Lamong dimana terdapat dua daerah reklamasi, reklamasi 1 berada tepat di depan pantai yang berbentuk memanjang. Reklamasi 1 direncanakan akan digunakan sebagai zona parkir seluas 8.35 ha, zona rekreasi seluas 51.08 ha, zona terminal penumpang seluas 18.65 ha, zona fasilitas umum seluas 26.3 ha, dan zona jalur hijau seluas 20.79 ha. Hal tersebut dimaksudkan agar pelabuhan tidak hanya sebagai tempat bongkar muat kapal dan perdagangan saja, melainkan juga menjadi tempat hiburan dan fasilitas umum bagi masyarakat.

Di depan kolam labuh terminal penumpang terdapat reklamasi 2 yang digunakan untuk zona terminal peti kemas seluas 79.14 ha, zona industri seluas 64.51 ha, zona general cargo seluas 49.58 ha, dan zona penunjang kepelabuhanan

seluas 7.46 ha. Jadi total lahan reklamasi adalah 342.87 ha. Pada rencana awal pengembangan pelabuhan terdapat kanal yang memisahkan antara reklamasi 1 dan reklamasi 2 sejauh 75 m, dan untuk menghubungkan antara daratan ke pelabuhan dibuat jembatan yang langsung menuju akses jalan umum, jarak antara garis pantai dengan pelabuhan adalah 1300 m. Dalam SMS gambar rencana awal dapat dimodelkan pada gambar 5.7 :

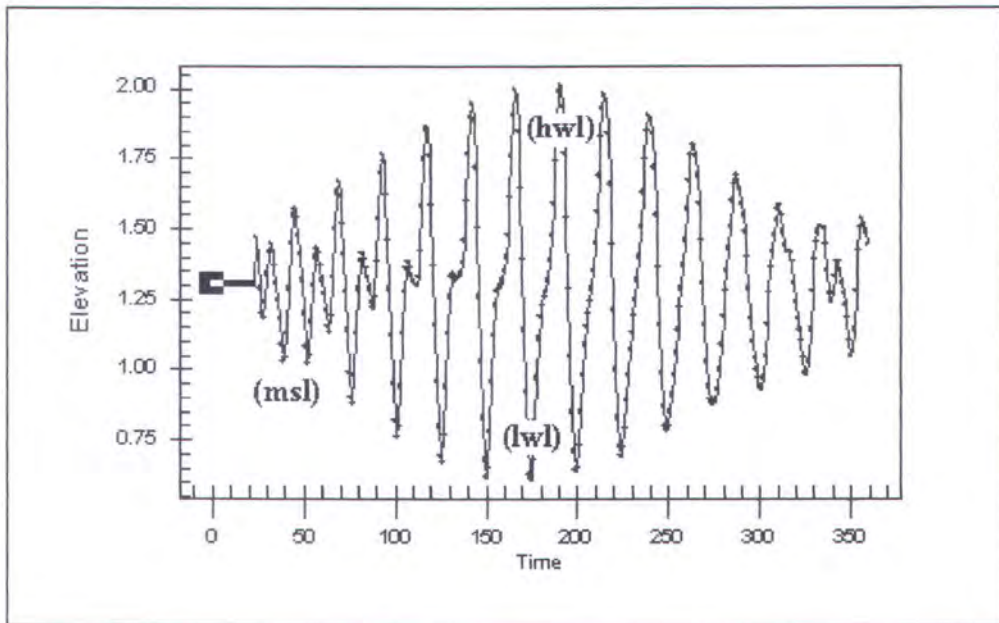


Gambar 5.7 Rencana awal dalam pemodelan SMS

Pada gambar diatas dapat dilihat peta model rencana pengembangan pelabuhan dalam SMS dimana jembatan dan tempat sandar terminal peti kemas maupun milik Pertamina adalah berbentuk jetty yang permeable, sehingga masih bisa dilalui oleh air. Pada pemodelan dengan SMS, hal tersebut dianggap tidak ada atau tidak ditampilkan.

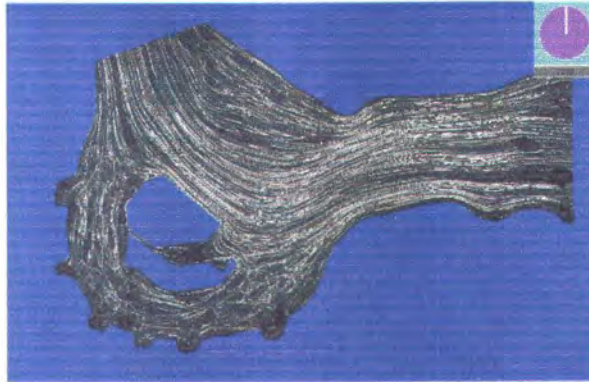
5.2 Pemodelan Pola Arus dan Pola Sedimen

Dari data pasang surut, didapatkan bahwa pasang tertinggi (HWL) terjadi pada time step 191, pasut rerata (MSL) pada time step 47 dan surut terendah (LWL) pada time step 175.



Gambar 5.8 Kondisi pasang surut

Setelah proses penginputan data dan pemasangan kondisi batas selesai dan tidak ada kesalahan, maka dilakukan proses running, proses running pertama menggunakan model geometri (file ekstention *.geo) modul Gfgen untuk mendapatkan file binary berekstension *.bin. Setelah itu menggunakan modul RMA2 untuk mendapatkan pola arus, dimana pada proses running ini kemudian didapatkan file solusi berekstension *.sol. Pola arus dapat digambarkan dalam bentuk vektor arah arus yang berupa anak panah beserta perbedaan warna yang merupakan perbedaan kecepatan arus dan dalam bentuk *flow trace* (jejak) arus.

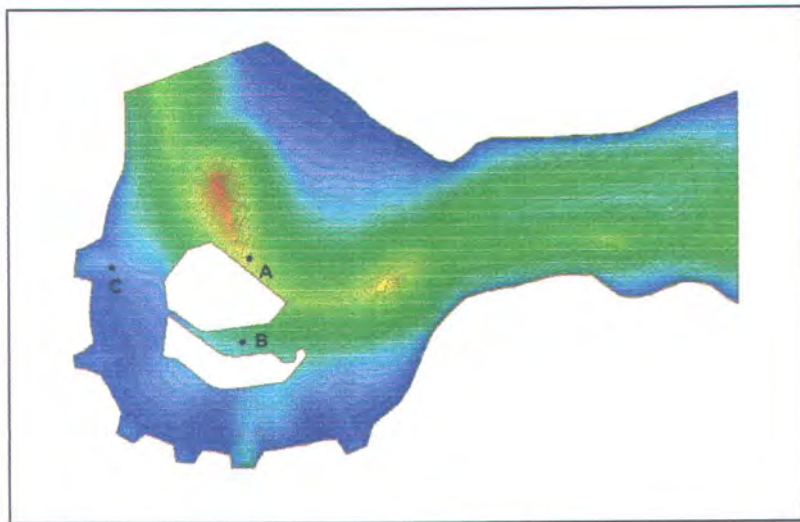


Gambar 5.9 Pola arus dalam bentuk *flow trace*

Pemodelan Sedimentasi dengan menggunakan modul SED2D dilakukan apabila proses pemodelan pola arus menggunakan modul RMA2 telah selesai dengan baik. Tanpa kesalahan, dari hasil running SED2D didapatkan file *.dbed.sol yang merupakan file solusi, selain itu dihasilkan file *.ot4 yang merupakan output dari hasil running dan *.out.geo yang menunjukkan perubahan geometri yang terjadi. Dari pemodelan ini didapatkan model konsentrasi sedimen dan perubahan kontur dasar laut.

5.3 Pola Arus dan Sedimen Rencana Awal

Pada pemodelan pola arus akan diambil sampel di tiap lokasi yang dianggap dapat mewakili daerah sekitarnya. Lokasi A adalah disekitar terminal peti kemas, lokasi B adalah disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi C adalah disekitar muara sungai. Sampel lokasi disajikan dalam gambar 5.10.



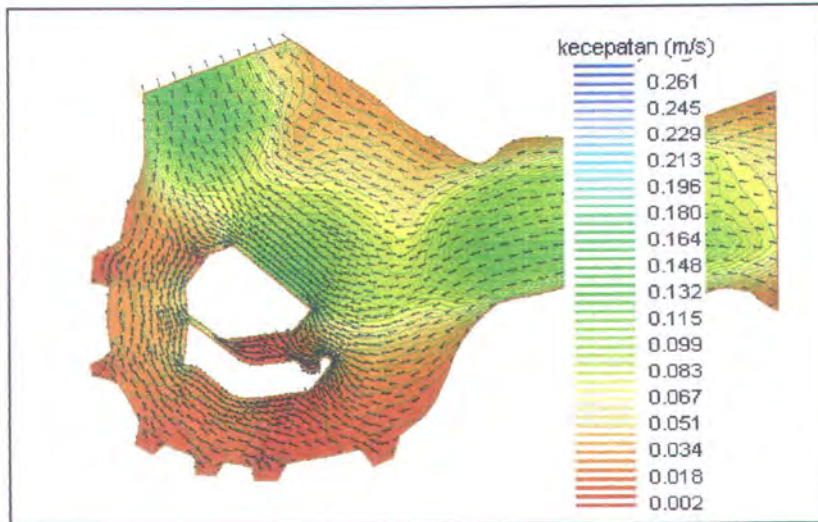
Gambar 5.10 Lokasi pengambilan sampel master plan

5.3.1 Pola Arus

Pada hasil simulasi pemodelan arus, akan disajikan sampel dari kondisi MSL

- **Kondisi MSL pada Time Step 47**

Pada kondisi MSL pola arus dapat disajikan dalam gambar dibawah ini:



Gambar 5.11 Pola arus hasil simulasi pada time step 47 (jam ke 47)

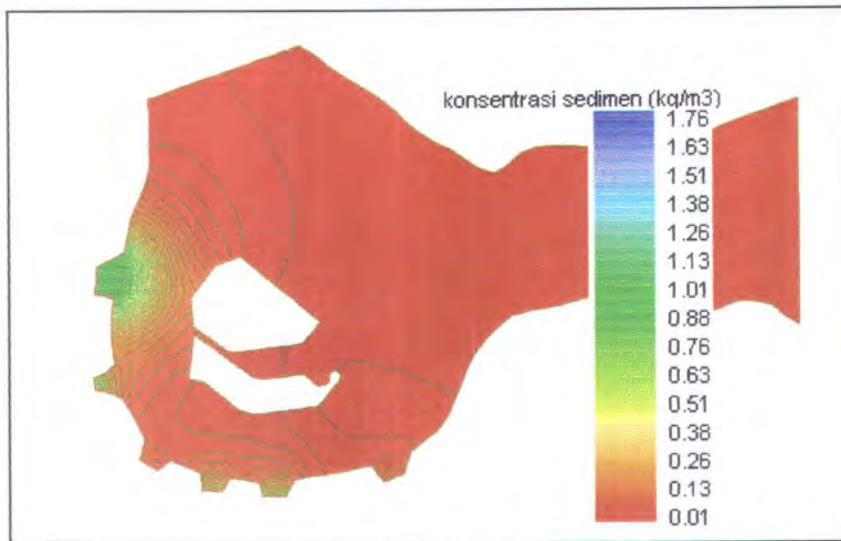
Dari gambar 5.11 dapat dilihat bagaimana pola arus dan kecepatannya disekitar rencana reklamasi pada time step 47 (jam ke 47), kecepatan arus disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah 0.115 m/s – 0.164 m/s, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokai (B) adalah 0.002 m/s – 0.034 m/s, dan disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah 0.002 m/s – 0.051 m/s.

5.3.2 Pola sedimen

- **Kondisi MSL pada Time Step 47**

Dalam gambar 5.12 disajikan pola penyebaran sedimen yang terjadi, dapat dilihat bahwa sedimen yang paling besar terjadi disekitar muara sungai, karena

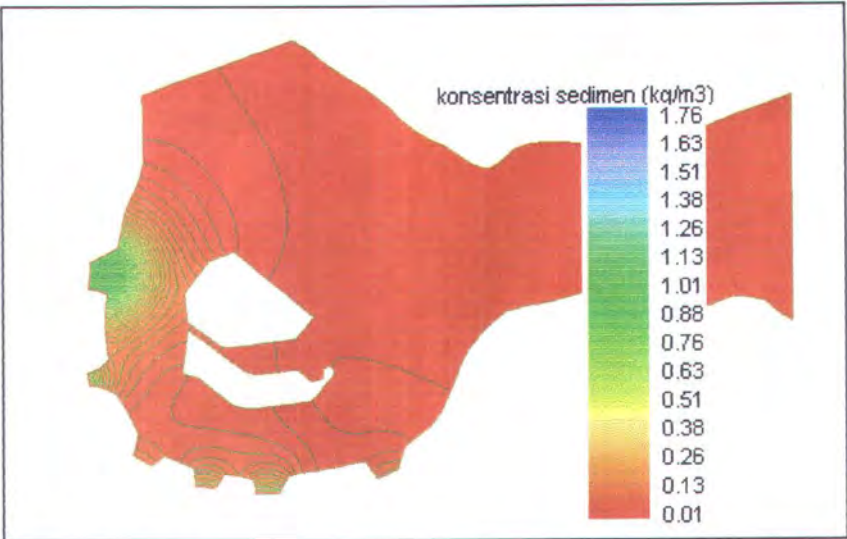
interval warna terlihat sangat banyak, karena muara sungai adalah pembawa material sedimen yang paling besar. Penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.10 \text{ kg/m}^3 - 0.26 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.13 \text{ kg/m}^3 - 0.20 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.30 \text{ kg/m}^3 - 0.88 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 5.12 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47 (jam ke 47)

○ **Kondisi LWL pada Time Step 175**

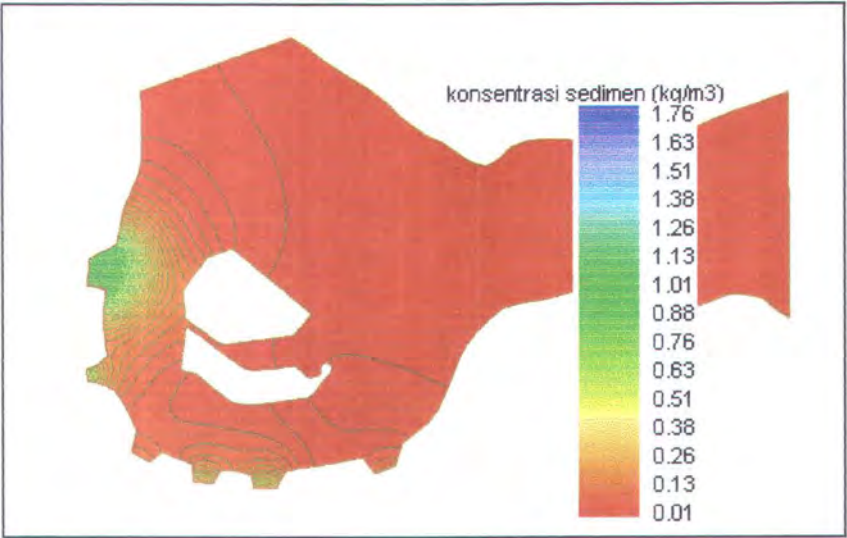
Pada gambar 5.13 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.13 \text{ kg/m}^3 - 0.26 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.13 \text{ kg/m}^3 - 0.25 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.30 \text{ kg/m}^3 - 0.88 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 5.13 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175
(jam ke 175)

○ **Kondisi HWL pada Time Step 191**

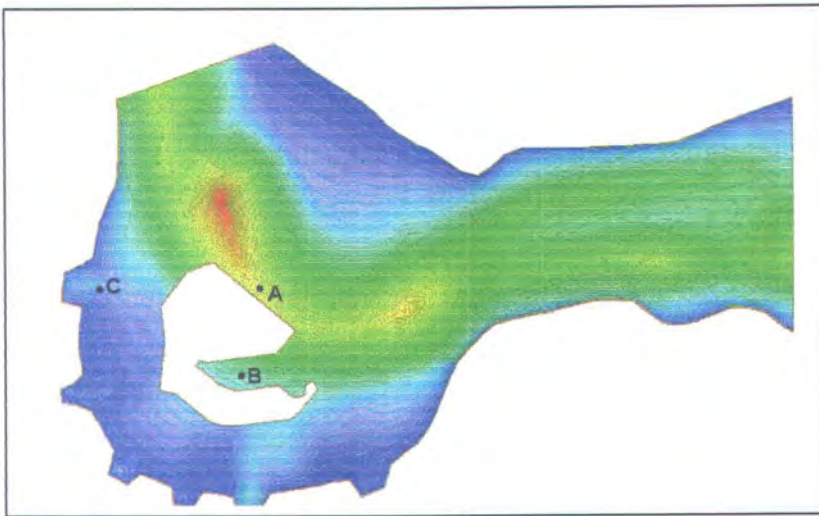
Pada gambar 5.14 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah 0.13 kg/m³ – 0.26 kg/m³, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah 0.13 kg/m³ – 0.25 kg/m³, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah 0.30 kg/m³ – 0.88 kg/m³.



Gambar 5.14 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191
(jam ke 191)

5.4 Pola Arus dan Sedimen Alternatif 1

Pada alternatif 1 gambar model tetap sama seperti pada rencana awal (master plan) tetapi jarak (kanal) yang terdapat pada reklamasi 1 dan 2 di tiadakan, hal itu diharapkan untuk melihat apakah sedimen yang terjadi disekitar kolam labuh dapat dikurangi. Contoh dari alternatif 1 dapat disajikan dalam gambar dibawah 5.15 dibawah :



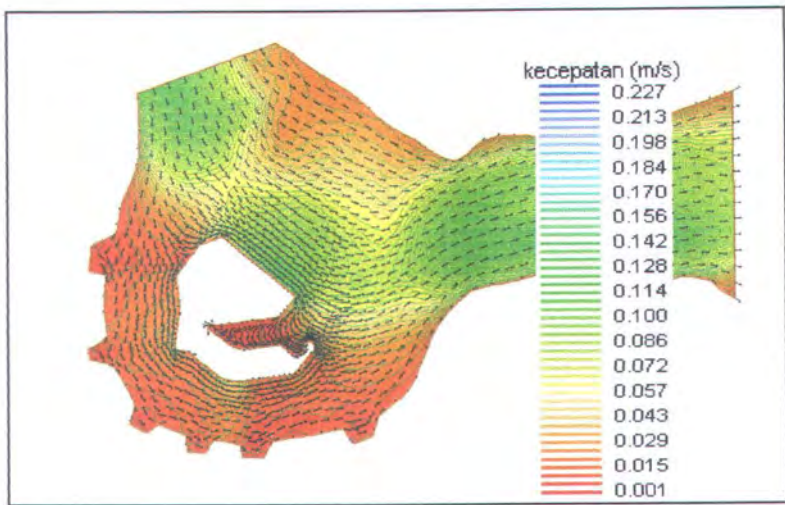
Gambar 5.15 Lokasi pengambilan sampel alternatif 1

5.4.1 Pola Arus

Pemodelan pola arus hasil simulasi akan disajikan sampel dari kondisi MSL

○ Kondisi MSL pada Time Step 47

Pada gambar 5.16 kecepatan arus disekitar Terminal peti kemas, lokasi (A) adalah 0.100 m/s – 0.128 m/s, kecepatan arus disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah 0.001 m/s – 0.010 m/s, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah 0.010 m/s – 0.043 m/s.

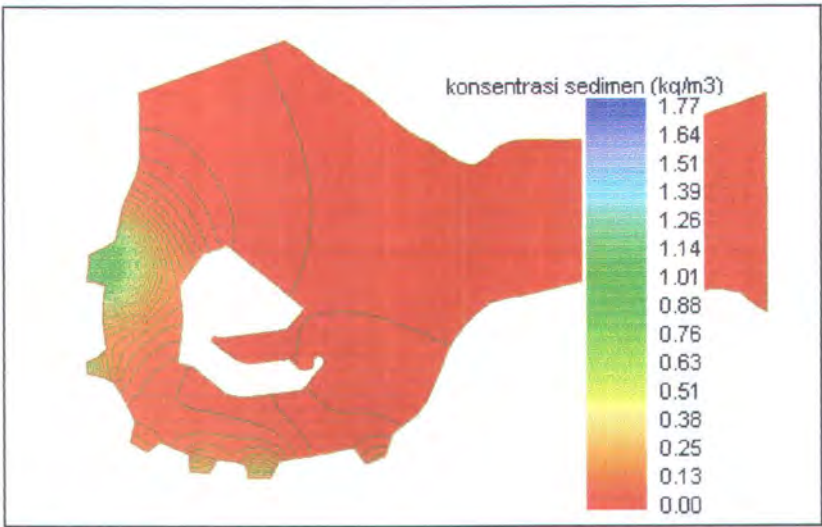


Gambar 5.16 Pola arus hasil simulasi pada time step 47 (jam ke 47)

5.4.2 Pola Sedimen

○ Kondisi MSL pada Time Step 47

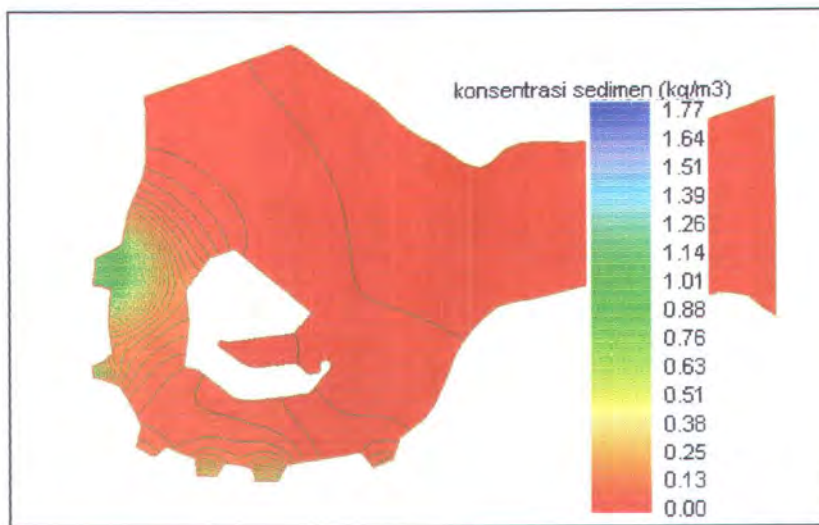
Pada gambar 5.17 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah 0.00 kg/m³ – 0.13 kg/m³, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah 0.00 kg/m³ – 0.13 kg/m³, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah 0.30 kg/m³ – 0.88 kg/m³.



Gambar 5.17 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47 (jam ke 47)

○ **Kondisi LWL pada Time Step 175**

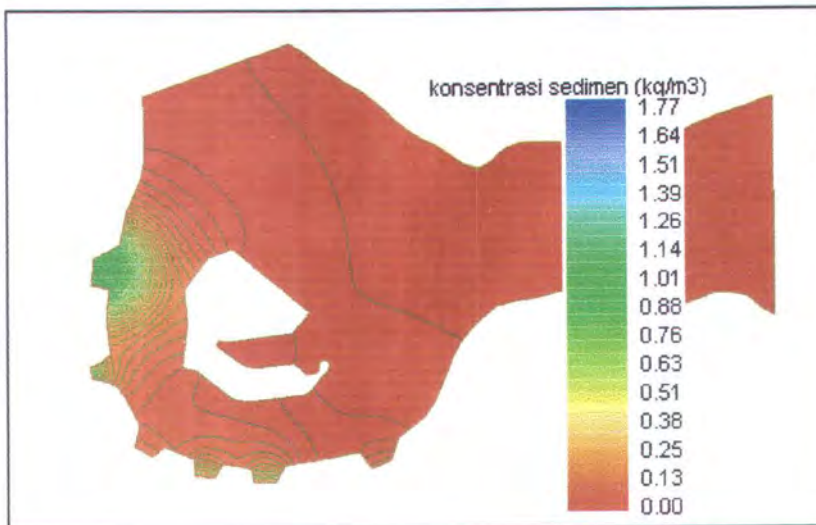
Pada gambar 5.18 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.13 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.13 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.30 \text{ kg/m}^3 - 0.88 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 5.18 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175
(jam ke 175)

○ **Kondisi HWL pada Time Step 191**

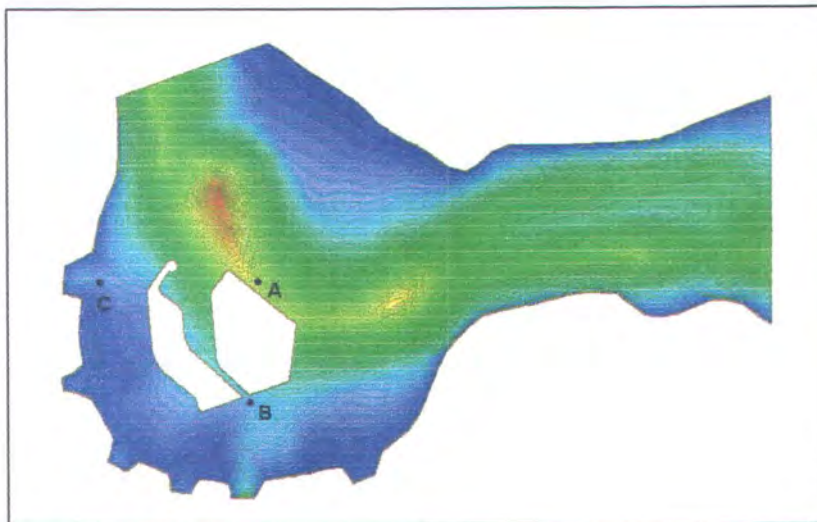
Pada gambar 5.19 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.13 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.13 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.30 \text{ kg/m}^3 - 0.88 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 5.19 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191
(jam ke 191)

5.5 Pola Arus dan Sedimen Alternatif 2

Pada alternatif 2 akan dibuat model reklamasi dimana pintu masuk pelabuhan penumpang menghadap ke barat, luas dan panjang dari reklamasi adalah tetap. Pada gambar 5.20 menggambarkan sampel titik yang dianggap mewakili daerah sekitarnya,



Gambar 5.20 Lokasi pengambilan sampel alternatif 2

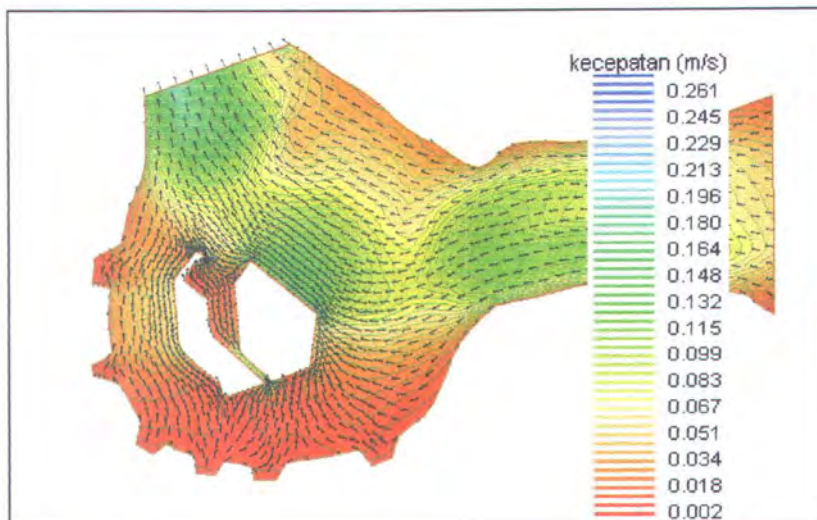
beberapa gambar hasil simulasi pada alternatif 2 akan disajikan sebagai berikut :

5.5.1 Pola Arus

Pada alternatif 2, akan disajikan sampel dari kondisi MSL

○ Kondisi MSL pada Time Step 47

Pada gambar 5.21 kecepatan arus disekitar Terminal peti kemas, lokasi (A) adalah 0.115 m/s – 0.164 m/s, kecepatan arus disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah 0.018 m/s – 0.115 m/s, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah 0.002 m/s – 0.051 m/s.

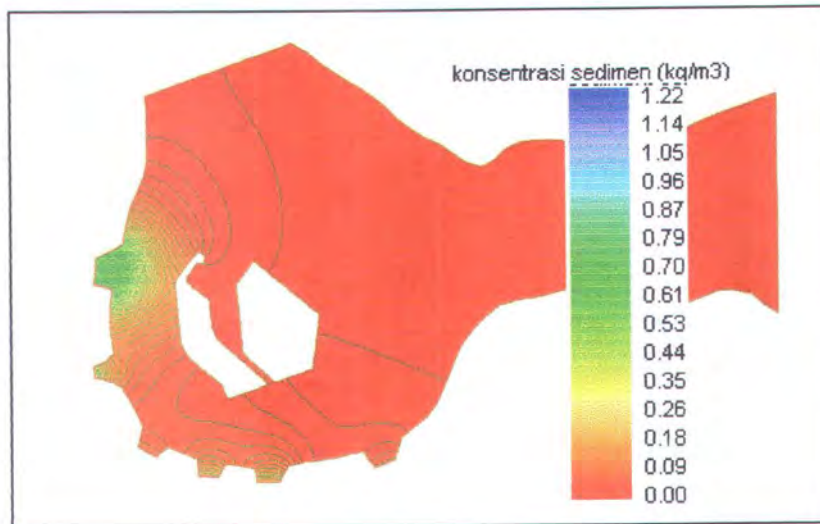


Gambar 5.21 Pola arus hasil simulasi pada time step 47 (jam ke 47)

5.5.2 Pola sedimen

○ Kondisi MSL pada Time Step 47

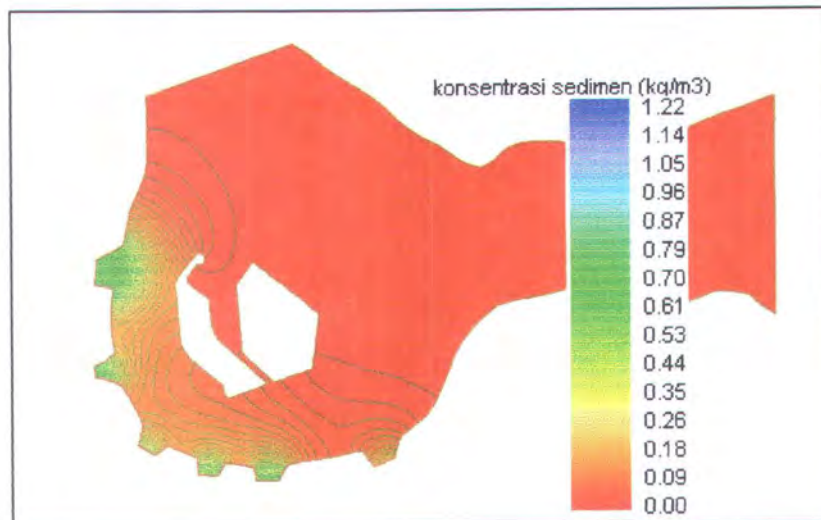
Pada gambar 5.22 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah 0.01 kg/m³ – 0.13 kg/m³, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah 0.13 kg/m³ – 0.20 kg/m³, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah 0.30 kg/m³ – 0.88 kg/m³.



Gambar 5.22 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47 (jam ke 47)

○ **Kondisi LWL pada Time Step 175**

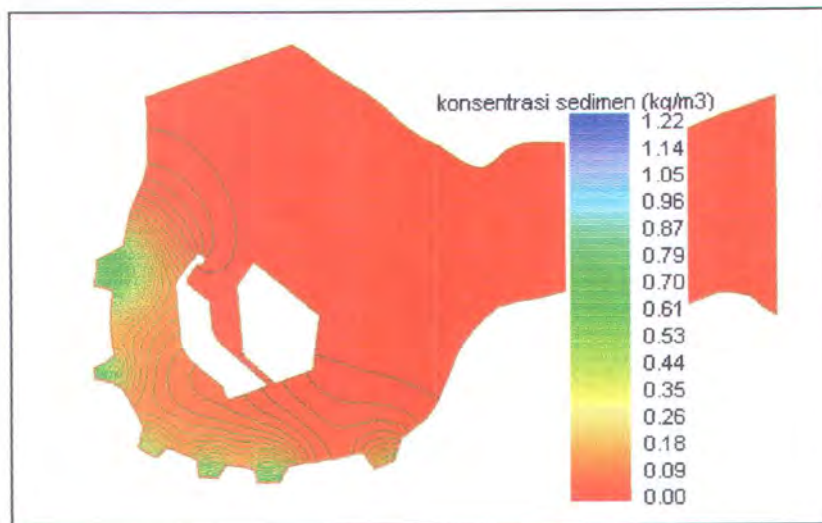
Pada gambar 5.23 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.01 \text{ kg/m}^3 - 0.09 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.15 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.25 \text{ kg/m}^3 - 0.61 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 5.23 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175
(jam ke 175)

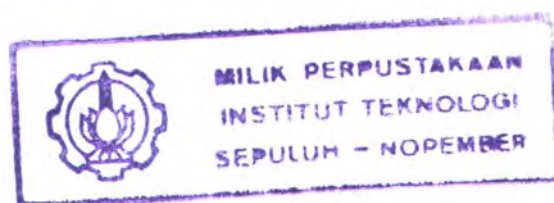
○ **Kondisi HWL pada Time Step 191**

Pada gambar 5.24 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.01 \text{ kg/m}^3 - 0.09 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.15 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.25 \text{ kg/m}^3 - 0.61 \text{ kg/m}^3$.



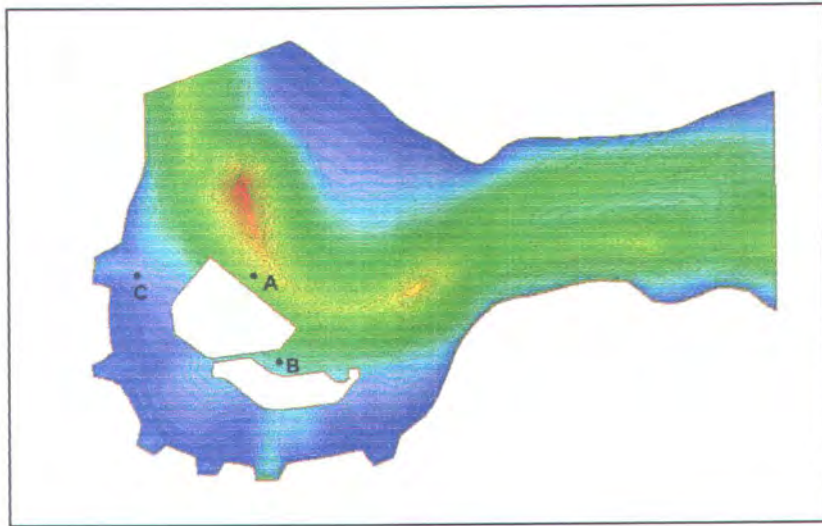
Gambar 5.24 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191

(jam ke 191)



5.6 Pola Arus dan sedimen Alternatif 3

Pada alternatif 3 model reklamasi adalah memanjang, reklamasi 1 disebelah timur reklamasi 2 dengan posisi mendekat ke arah pantai sekitar 200 m, hal ini diharapkan untuk mengurangi daerah reklamasi di tempat yang dalam, dan diharapkan dapat mengurangi biaya pengurukan. Gambar pengambilan sampel titik yang dianggap dapat mewakili daerah sekitarnya di tunjukkan dalm gambar 5.25.



Gambar 5.25 Lokasi pengambilan sampel alternatif 3

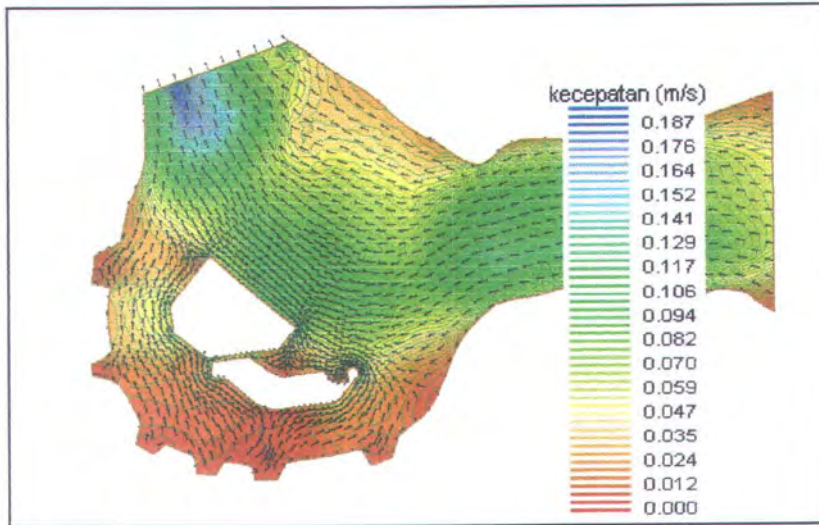
Beberapa contoh dari hasil simulasi dapat disajikan sebagai berikut :

5.6.1 Pola Arus

Pada alternatif 3 akan disajikan sampel dalam kondisi MSL

○ Kondisi MSL pada Time Step 47

Pada gambar 5.26 kecepatan arus disekitar Terminal peti kemas, lokasi (A) adalah 0.068 m/s – 0.118 m/s, kecepatan arus disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) dalah 0.019 m/s – 0.051 m/s, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah 0.019 m/s – 0.055 m/s.

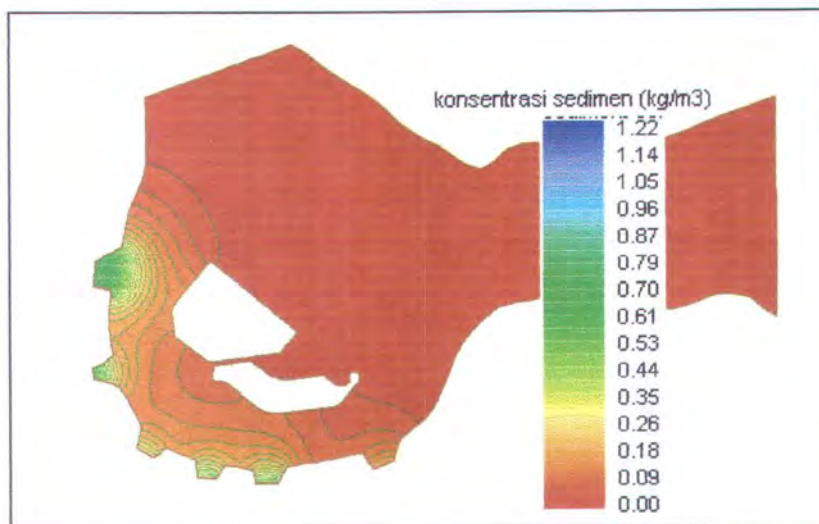


Gambar 5.26 Pola arus hasil simulasi pada time step 47 (jam ke 47)

5.6.2 Pola Sedimen

○ Kondisi MSL pada Time Step 47

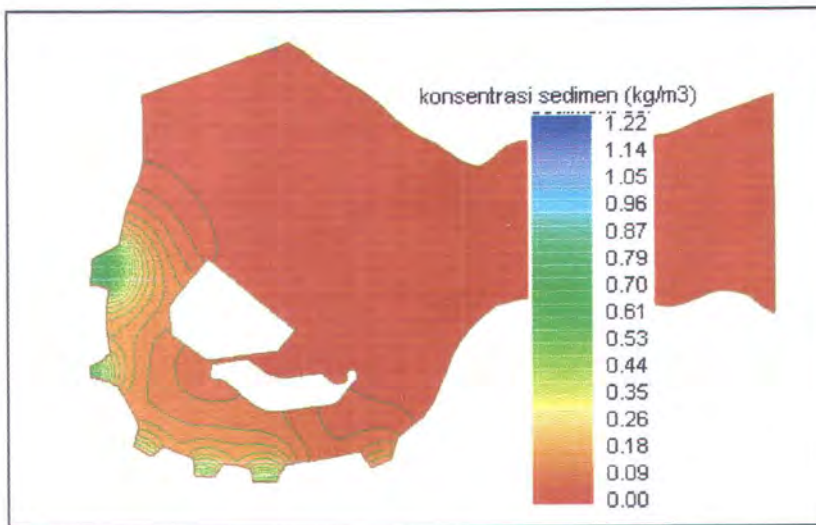
Pada gambar 5.27 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.01 \text{ kg/m}^3 - 0.18 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.01 \text{ kg/m}^3 - 0.09 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.26 \text{ kg/m}^3 - 0.75 \text{ kg/m}^3$.



Gambar 5.27 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 47 (jam ke 47)

○ **Kondisi LWL pada Time Step 175**

Pada gambar 5.28 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.01 \text{ kg/m}^3 - 0.09 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.15 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.25 \text{ kg/m}^3 - 0.61 \text{ kg/m}^3$.

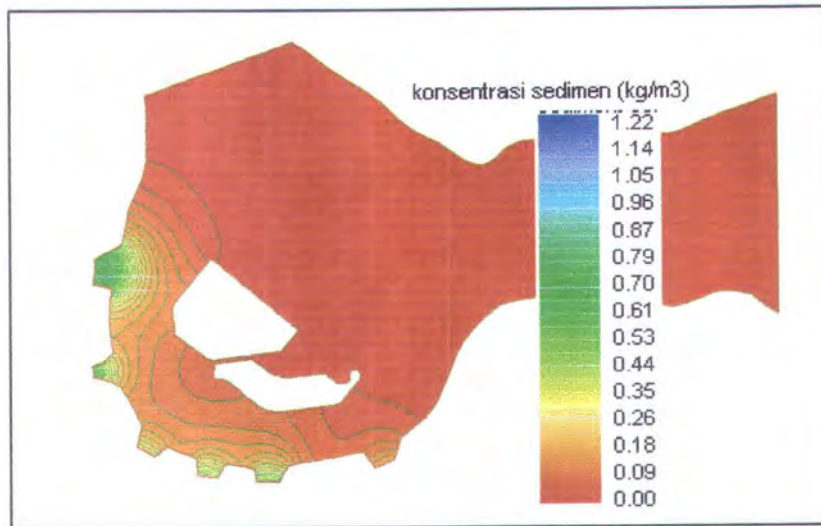


Gambar 5.28 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 175

(jam ke 175)

○ **Kondisi HWL pada Time Step 191**

Pada gambar 5.29 penyebaran konsentrasi sedimen disekitar terminal peti kemas, lokasi (A) adalah $0.01 \text{ kg/m}^3 - 0.09 \text{ kg/m}^3$, disekitar terminal penumpang dan general cargo, lokasi (B) adalah $0.05 \text{ kg/m}^3 - 0.15 \text{ kg/m}^3$, disekitar muara sungai, lokasi (C) adalah $0.25 \text{ kg/m}^3 - 0.61 \text{ kg/m}^3$.

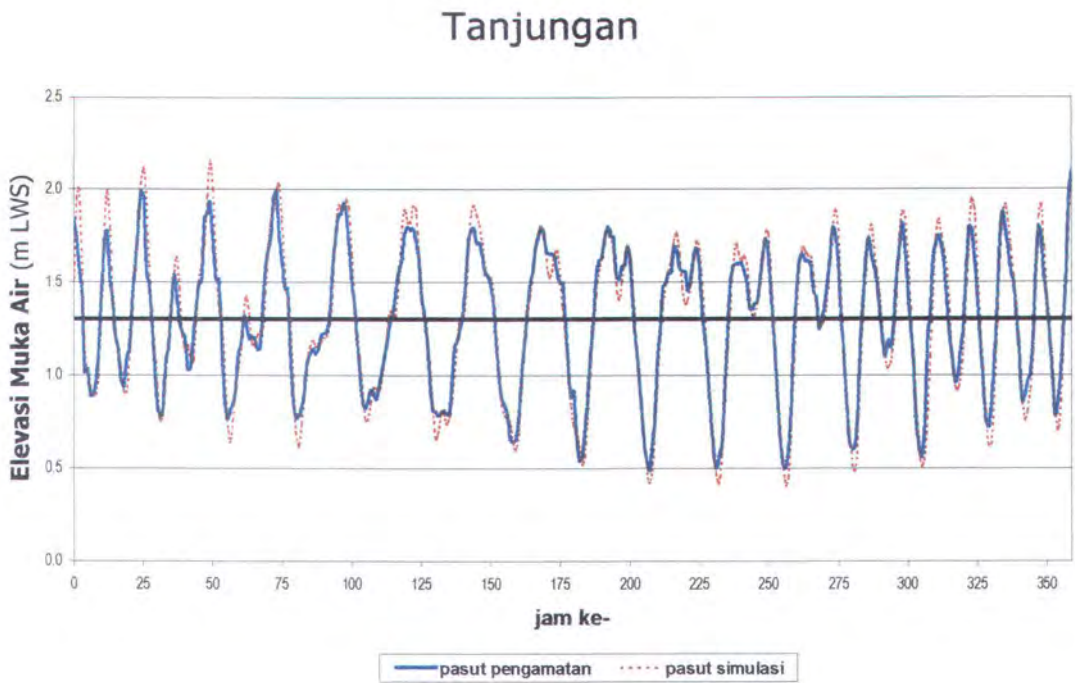


Gambar 5.29 Pola penyebaran konsentrasi sedimen pada time step 191
(jam ke 191)

5.7 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran Lapangan

5.7.1 Pasang Surut

Perbandingan elevasi muka air pasang surut, diambil pada lokasi pengamatan pasang surut yang tidak digunakan sebagai kondisi batas, yaitu lokasi pengukuran di Tanjungan seperti tampak pada **Gambar 5.30**.

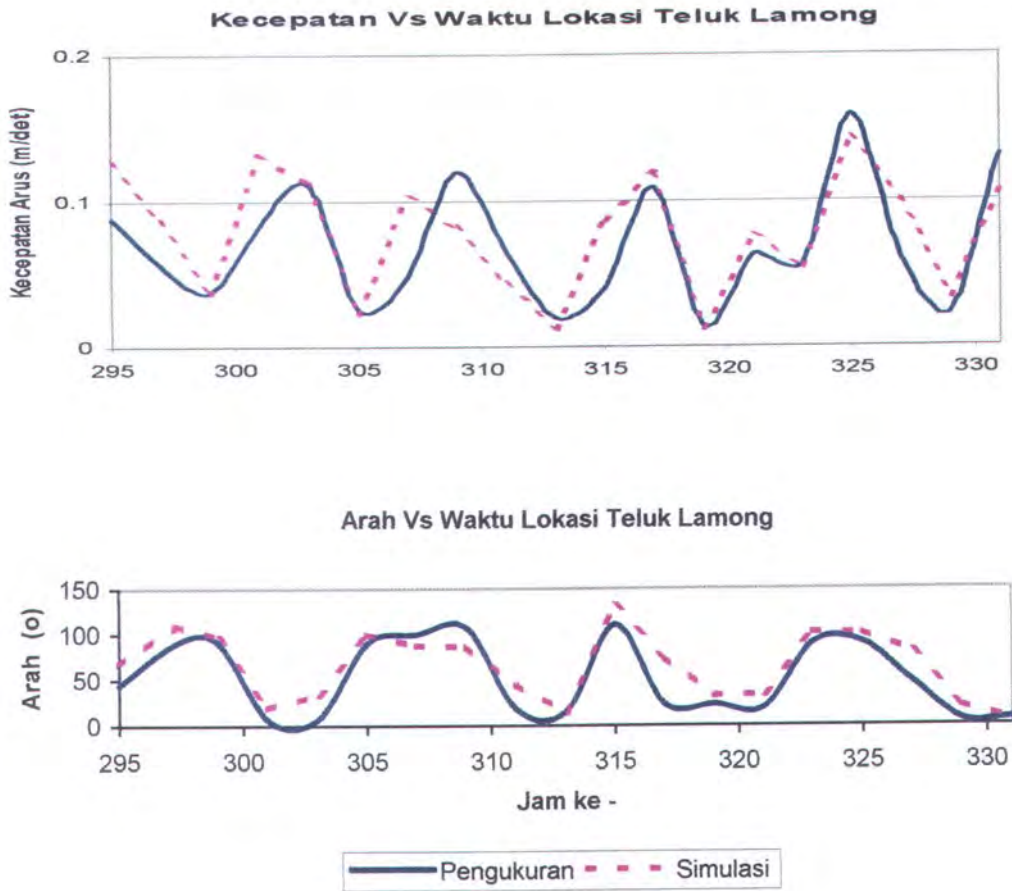


Gambar 5.30. Kalibrasi Terhadap Data Pasang Surut

Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa elevasi muka air pasang surut simulasi memberikan hasil yang cukup bagus, yang berarti bahwa validitas parameter-parameter model kontrol serta referensi kondisi batas pasang surut yang diaplikasikan telah mendekati kebenaran sesuai kondisi lapangan.

5.7.2 Arus

Untuk kalibrasi data arus, parameter yang dibandingkan adalah kecepatan dan arah arus. Hasil pengukuran arus yang dilakukan pada Oktober 2000 dibandingkan dengan hasil output simulasi, seperti tampak pada **Gambar 5.31** untuk perbandingan kecepatan arus dan arah arus.



Gambar 5.31. Kalibrasi Terhadap Data Arus

Dari grafik tersebut terlihat bahwa hasil kalibrasi arah dan kecepatan arus memberi hasil yang kurang baik, tapi untuk kalibrasi kecepatan arus dimana terlihat bahwa bilangan-bilangan kecepatan hasil simulasi mendekati besaran nilai data dari hasil pengukuran. Hal ini dimungkinkan bahwa faktor-faktor eksternal dalam pembentukan arus perairan (angin, pergerakan kapal, dll) yang tidak dapat dimodelkan oleh simulasi numerik, mempunyai pengaruh dalam menentukan arah arus. Kemungkinan lainnya adalah karena adanya kesalahan pada saat pencatatan waktu pengukuran.



BAB VI
PEMBAHASAN

BAB VI

PEMBAHASAN

Dalam bab pembahasan ini akan dijelaskan mengenai sedimentasi yang terjadi, konsentrasi sedimen diambil pada titik (node) di lokasi sekitar muara sungai yang dalam pemodelan terlihat penyebaran sedimentasi yang besar dan di sekitar kolam labuh yang merupakan tempat kapal bersandar. Berikut ini akan disajikan tabel besarnya konsentrasi sedimen pada model-model reklamasi yang diambil di sekitar muara sungai dan sekitar kolam labuh, yaitu pelabuhan penumpang di kedalaman sekitar 7.3m dan pelabuhan peti kemas di kedalaman sekitar 16.5m pada tiap-tiap kondisi pasang surut :

6.1 Konsentrasi Sedimen dan Perubahan Kontur Dasar Laut

6.1.1 Rencana Awal (Master Plan)

6.1.1.1 Konsentrasi Sedimen

Konsentrasi penyebaran sedimen yang terjadi akibat dari rencana pengembangan pelabuhan pada rencana awal akan di gambarkan dalam bentuk tabel 6.1, dimana tiap-tiap lokasi sampel mewakili daerah disekitarnya.

Tabel 6.1 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut
(master plan)

lokasi analisa	Node ID	Sediment Concentration (kg/m3)		
		Sed Con. HWL	Sed Con. MSL	Sed Con. LWL
K.Lamong	1133	0.20199723	0.20201489	0.20199924
K.Semini	2798	0.16385309	0.16385528	0.16385346
K.Branjangan	3821	0.13327154	0.13327200	0.13327158
K.Manukan	4661	0.15143460	0.15143477	0.15143483
K.Krambangan	5326	0.1646665	0.16486650	0.16486662
K.Anak	4142	0.06193413	0.06193412	0.06193419
P.Penumpang	5061	0.00730141	0.00730179	0.00730147
P.Peti Kemas	2784	0.00299626	0.00299633	0.00299626

Dari tabel 6.1 disajikan besar konsentrasi sedimen yang terjadi pada rencana awal (master plan), konsentrasi sedimen diambil pada tiap-tiap kondisi yang berbeda, penomoran atau node yang tercantum adalah titik yang diambil pada tiap-tiap lokasi.

6.1.1.2 Perubahan Kontur Dasar Laut

Perubahan kontur dasar laut akibat rencana pengembangan pelabuhan rencana awal juga dapat diketahui dalam tabel 6.2

Tabel 6.2 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir
(master plan)

Lokasi Analisa	Node ID	Bed Change (m)	
		Awal (TS = 0)	Akhir (TS = 360)
K.Lamong	1133	0	0.204104512
K.Semini	2798	0	0.106987409
K.Branjangan	3821	0	0.055760774
K.Manukan	4661	0	0.061784863
K.Krambangan	5326	0	0.195746824
K.anak	4142	0	0.036586694
P.Penumpang	5061	0	0.023574437
P.Peti Kemas	2784	0	0.030733644

Setelah melalui running program SED2D tanpa ada error dari hasil sedimen dapat diperoleh juga perubahan kontur dasar laut yang nilainya disajikan dalam tabel 6.2, dimana perubahan kontur tersebut adalah hasil running SMS setelah 360 time step atau 15 hari.

6.1.2 Alternatif 1

6.1.2.1 Konsentrasi Sedimen

Pada alternatif 1 terlihat perbedaan konsentrasi sedimen daripada rencana awal tetapi juga terdapat perbedaan node, ini dikarenakan urutan penomerannya saja yang berbeda tetapi lokasi dan tempat dari diambilnya sampel random adalah sama dengan rencana awal. Berikut akan disajikan tabel konsentrasi sedimen akibat rencana pengembangan pelabuhan pada alternatif 1.

*Tabel 6.3 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut
(alternatif 1)*

lokasi analisa	Node ID	Sediment Consentration (kg/m3)		
		Sed Con. HWL	Sed Con. MSL	Sed Con. LWL
K.Lamong	1115	0.19442346	0.19442327	0.19442343
K.Semini	2551	0.15647535	0.15647529	0.15647529
KBranjangan	3595	0.12932266	0.12932269	0.12932263
K.Manukan	4251	0.15454962	0.15454955	0.15454946
K.Krambangan	5144	0.16332116	0.16332104	0.16332110
K. Anak	3943	0.06126810	0.06126809	0.06126814
P.Penumpang	4937	0.00148222	0.00148225	0.00148224
P.Peti Kemas	2376	0.00298248	0.00298248	0.00298247

6.1.2.2 Perubahan Kontur Dasar Laut

Perubahan kontur yang terjadi pada alternatif 1 disajikan dalam tabel 6.4 dimana tiap-tiap lokasi mempunyai nilai perubahan kontur yang terjadi dalam 15 hari.

*Tabel 6.4 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir
(alternatif 1)*

Lokasi Analisa	Node ID	Bed Change (m)	
		Awal (TS = 0)	Akhir (TS = 360)
K.Lamong	1115	0	0.186187133
K.Semini	2551	0	0.075281076
K.Branjangan	3595	0	0.047775525
K.Manukan	4251	0	0.050541620
K.Krambangan	5144	0	0.181168526
K.anak	3943	0	0.030069962
P.Penumpang	4937	0	0.011643613
P.Peti Kemas	2376	0	0.030135095

6.1.3 Alternatif 2

6.1.3.1 Konsentrasi sedimen

Konsentrasi sedimen dalam tabel 6.5 adalah hasil dari alternatif 2, disini terdapat perbedaan pada node disekitar terminal penumpan dan terminal peti kemas yang dikarenakan perbedaan bentuk atau desain dari reklamasi, namun untuk mendekatkan dari alternatif yang lain maka diambil node yang berada pada kedalaman yang sama dengan alternatif yang lain.

*Tabel 6.5 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut
(alternatif 2)*

lokasi analisa	Node ID	Sediment Consentration (kg/m3)		
		Sed Con. HWL	Sed Con. MSL	Sed Con. LWL
K.Lamong	1276	0.18255938	0.18257564	0.18256106
K.Semini	2676	0.16503466	0.16503721	0.16503515
K.branjangan	3903	0.13530810	0.13530838	0.13530816
K.Manukan	4444	0.15032361	0.15032373	0.15032373
K.Krambangan	5043	0.16972117	0.16972105	0.16972111
K. Anak	4348	0.05749985	0.05749992	0.05749990
P.Penumpang	3146	0.00849562	0.00849653	0.00849579
P.Peti Kemas	3118	0.00417959	0.00417963	0.00417959

6.1.3.2 Perubahan kontur Dasar Laut

Tabel 6.6 menyajikan perubahan kontur dasar laut yang terjadi pada alternatif 2 setelah dilakukan running program 360 time step pada tiap-tiap lokasi.

*Tabel 6.6 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir
(alternatif 2)*

Lokasi Analisa	Node ID	Bed Change (m)	
		Awal (TS = 0)	Akhir (TS = 360)
K.Lamong	1276	0	0.261884212
K.Semini	2676	0	0.100966297
K.Branjangan	3903	0	0.058052990
K.Manukan	4444	0	0.061060611
K.Krambangan	5043	0	0.193783074
K. anak	4348	0	0.034984756
P.Penumpang	3146	0	0.025781530
P.Peti Kemas	3118	0	0.035484604

6.1.4 Alternatif 3

6.1.4.1 Konsentrasi sedimen

Pada tabel 6.7 dapat diketahui penyebaran rata-rata konsentrasi sedimen akibat rencana pengembangan pelabuhan pada alternatif 3.

*Tabel 6.7 Konsentrasi sedimen pada tiap kondisi pasang surut
(alternatif 3)*

lokasi analisa	Node ID	Sediment Concentration (kg/m3)		
		Sed Con. HWL	Sed Con. MSL	Sed Con. LWL
K.Lamong	1298	0.19139426	0.19141077	0.19139599
K.Semini	2957	0.16297034	0.16297245	0.16297061
Kbranjangan	3721	0.12671603	0.12671652	0.12671592
K.Manukan	4363	0.15613779	0.15613800	0.15613783
K.Krambangan	5100	0.15961714	0.15961712	0.15961697
K.Anak	4477	0.06195748	0.06195750	0.06195745
P.Penumpang	4217	0.00424322	0.00424331	0.00424320
P.Peti Kemas	3199	0.00232080	0.00232086	0.00232080

6.1.4.2 Perubahan Kontur Dasar Laut

Perubahan rata-rata kontur dasar laut dari alternatif 3 disajikan pada tabel 6.8.

*Tabel 6.8 Perubahan kontur dasar laut pada kondisi awal dan kondisi akhir
(alternatif 3)*

Lokasi Analisa	Node ID	Bed Change (m)	
		Awal (TS = 0)	Akhir (TS = 360)
K.Lamong	1298	0	0.191453501
K.Semini	2957	0	0.088095337
K.Branjangan	3721	0	0.056763421
K.Manukan	4363	0	0.062467020
K.Krambangan	5100	0	0.185501381
K.anak	4477	0	0.037702042
P.Penumpang	4217	0	0.017513683
P.Peti Kemas	3199	0	0.021979345

Dari tabel konsentrasi sedimen tersebut diatas, dapat dilihat bahwa transport sedimen paling besar terjadi karena terbawanya material dari sungai yang terbawa sampai muara sungai yang akhirnya ke laut. Dari hasil pemodelan pola arus dan pola sedimentasi menggunakan software SMS (Surface-water Modeling System) di atas, penyebaran konsentrasi rata-rata dan perubahan kontur dasar laut. Perbandingan tersebut dapat digunakan untuk menentukan model dari reklamasi yang paling sedikit menimbulkan sedimentasi disekitar wilayah tersebut. Dibawah ini disajikan tabel perbandingan antara ketiga parameter untuk model-model reklamasi :

6.2 Hasil Running Sedimentasi

Dari tabel 6.9 dapat dilihat perbedaan penyebaran sedimentasi yang terjadi pada tiap-tiap model, dari hasil tersebut didapat bahwa penyebaran sedimen rata-rata yang terjadi setelah 360 time step bernilai paling kecil terdapat pada alternatif 1.

*Tabel 6.9 Penyebaran konsentrasi sedimen pada tiap-tiap model
untuk setiap kondisi pasang surut.*

Model	HWL(kg/m3)	MSL(kg/m3)	LWL(kg/m3)
Master Plan	0.11093184	0.11095946	0.11095720
Alternatif 1	0.10797813	0.10797808	0.10797809
Alternatif 2	0.10914024	0.10914276	0.10914056
Alternatif 3	0.10816963	0.10817206	0.10816984

Sedangkan perubahan rata-rata kontur dasar laut yang terjadi pada tiap-tiap model adalah sebagai berikut :

Tabel 6.10 Perubahan kontur pada tiap-tiap model

Model	Bed Change (m)
Master Plan	0.08940989
Alternatif 1	0.07660031
Alternatif 2	0.09649975
Alternatif 3	0.08268446

Dari tabel perbandingan rata-rata konsentrasi sedimen dan kontur untuk beberapa alternatif, dapat dilihat bahwa pada model alternatif 1 yang bernilai paling kecil. Hal ini berarti dengan menutup jarak atau kanal antara reklamasi 1 dan 2 seperti pada alternatif 1 dapat mengurangi jumlah sedimentasi yang terjadi di sekitar wilayah tersebut. Model reklamasi alternatif 1 dapat digunakan untuk rencana pengembangan pelabuhan Tanjung Perak dan dapat dijadikan salah satu masukan bagi pihak PT. PELINDO III yang akan merencanakan pengembangan pelabuhan Tanjung Perak.



BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari analisa data dan pembahasan pada pola sedimentasi yang terjadi pada bab sebelumnya , dapat ditarik kesimpulan :

1. Penyebaran konsentrasi rata-rata sedimen yang terjadi selama 360 time step (15 hari) pada tiap-tiap kondisi pasang surut disekitar wilayah Kali-Lamong hasil running dari empat bentuk reklamasi dengan menggunakan program bantu SMS 6.0 yaitu pada *master plan* kondisi HWL sebesar 0.11093184 kg/m³, kondisi MSL sebesar 0.11095946 kg/m³, kondisi LWL sebesar 0.11095720 kg/m³, sedangkan pada *alternatif 1* penyebaran konsentrasi sedimen yaitu pada kondisi HWL sebesar **0.10797813** kg/m³, kondisi MSL sebesar **0.10797808** kg/m³, kondisi LWL sebesar **0.10797809** kg/m³, sedangkan pada *alternatif 2* penyebaran konsentrasi sedimen pada kondisi HWL sebesar 0.10914024 kg/m³, kondisi MSL sebesar 0.10914276 kg/m³, Kondisi LWL sebesar 0.10914056 kg/m, dan dari *alternatif 3* didapatkan penyebaran sedimen yang terjadi yaitu, pada kondisi HWL sebesar 0.10816963 kg/m³, kondisi MSL sebesar 0.10817206 kg/m³, kondisi LWL sebesar 0.10816984 kg/m³. Bentuk sekenario reklamasi pengembangan pelabuhan Tanjung Perak yang paling sedikit menimbulkan sedimentasi di sekitar wilayah Kali-Lamong adalah **alternatif 1**, dimana jarak atau kanal yang memisahkan reklamasi 1 dan reklamasi 2 ditutup atau hubungkan.

7.2 Saran

Saran-saran yang mungkin bisa diberikan adalah :

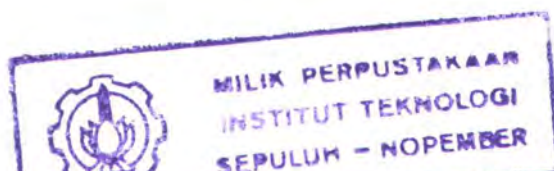
1. Karena software yang ada fitur nya kurang lengkap dan memerlukan ketelitian serta ke hati-hatian yang tinggi sehingga proses running diperlukan waktu yang lama untuk mendapatkan sebuah hasil, maka disarankan untuk memperbarui dengan software yang lebih baru agar proses running dapat dilakukan dengan lebih cepat dan teliti.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Pratikto, W.A., 2000, *Struktur Pelindung Pantai*, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya.
- Pratikto, W.A., Armono, H.D., Suntoyo, 1997, *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut*. BPFE, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang (1999), *Teknik Pantai*, Beta offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang (1999), *Pelabuhan*, Beta offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang (1999), *Proses Erosi dan Sedimen Pantai*, Unit Antar Universitas Ilmu Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Komar, P.D., 1984, *CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion*, CRC, Florida.
- Horikawa, K., 1988, *Nearshore Dynamics and Coastal Processes*, University of Tokyo Press.
- Horikawa, K., 1998, *Coastal Engineering-An Introduction to Ocean Engineering*, University of Tokyo Press.
- SMS Forum di (www.BOSS-International.com).
- SMS Tutorial Version 7.0, Brigham Young University-Environmental Modeling Research Laboratory, June 2000.
- Training SMS Pelindo, *Panduan simulasi SMS (Surface-water Modeling System)*, Bandung, 2002.
- Training SMS Pelindo, *Demo SMS (Surface-water Modeling System)*, Bandung.



Users Guide To RMA2WES Version 4.5, US Army, Engineering Research Development Center, Waterways Experiment Station, Coastal and Hydraulics Laboratory.

Coastal Engineering Research Center. 1984. "*Shore Protection Manual ; Volume 1 dan 2*", U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Government Printing Office, New York.

PT. (Persero) Pelabuhan Indonesia III (2000), *Masterplan Pelabuhan Tanjung Perak*, PT. Pelabuhan Indonesia III, Surabaya.

Pudjiastuti, L. dkk. (2001), *Studi Amdal Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak di Muara Kali Lamong dan Teluk Lamong*, Lembaga Penelitian-ITS, Surabaya.

Purwadi, D. dkk. (1996), *Pra Studi Kelayakan (Prefeasibility Study) Pengembangan Kawasan Pelabuhan Tanjung Perak Arah Barat Sampai Dengan Pelabuhan Gresik*, Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat – ITS, Surabaya.

Koestalam, P. dkk. (2001), *Kajian Teknis Alur Pelayaran Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*, Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat – ITS, Surabaya.

Buana, Cahya. (2003). *Simulasi Hidrodinamis Perairan Terhadap Beberapa Alternatif Pengembangan Pelabuhan Tanjung Perak di Muara Sungai Kali Lamong*, Tesis, Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya.



LAMPIRAN

KALIBRASI PEMODELAN

Langkah Waktu	Pasut Tanjungan		
	Pengukuran	Simulasi	Selisih
0	3.087	2.770	0.317
1	2.987	3.205	-0.218
2	2.817	3.249	-0.432
3	2.687	2.798	-0.111
4	2.267	2.412	-0.145
5	2.283	2.262	0.021
6	2.143	2.186	-0.043
7	2.143	2.144	-0.001
8	2.218	2.144	0.074
9	2.373	2.247	0.126
10	2.687	2.598	0.089
11	2.987	3.059	-0.072
12	3.027	3.243	-0.216
13	2.767	3.039	-0.273
14	2.667	2.699	-0.032
15	2.467	2.465	0.002
16	2.387	2.375	0.011
17	2.233	2.294	-0.061
18	2.193	2.171	0.022
19	2.343	2.158	0.185
20	2.407	2.335	0.072
21	2.667	2.591	0.076
22	2.847	2.826	0.021
23	3.057	3.056	0.001
24	3.237	3.283	-0.046
25	3.207	3.360	-0.153
26	2.807	3.170	-0.363
27	2.747	2.844	-0.097
28	2.547	2.586	-0.039
29	2.313	2.400	-0.087
30	2.083	2.186	-0.103
31	2.028	2.005	0.023
32	2.063	2.033	0.030
33	2.323	2.242	0.081
34	2.393	2.444	-0.051
35	2.607	2.615	-0.008
36	2.792	2.809	-0.018
37	2.687	2.888	-0.201
38	2.537	2.712	-0.176
39	2.487	2.463	0.024
40	2.447	2.390	0.057
41	2.283	2.410	-0.127
42	2.293	2.338	-0.045
43	2.467	2.330	0.137
44	2.597	2.535	0.062
45	2.737	2.759	-0.022
46	2.767	2.862	-0.095
47	3.097	2.973	0.124
48	3.117	3.218	-0.101
49	3.177	3.405	-0.228
50	2.967	3.245	-0.278
51	2.767	2.864	-0.097
52	2.767	2.632	0.135

Langkah Waktu	Pasut Tanjungan		
	Pengukuran	Simulasi	Selisih
53	2.467	2.556	-0.089
54	2.143	2.334	-0.191
55	2.018	2.012	0.006
56	2.063	1.890	0.173
57	2.093	2.011	0.082
58	2.178	2.178	0.000
59	2.368	2.282	0.086
60	2.417	2.404	0.013
61	2.567	2.590	-0.023
62	2.517	2.676	-0.159
63	2.447	2.568	-0.121
64	2.457	2.424	0.033
65	2.447	2.410	0.037
66	2.387	2.469	-0.082
67	2.397	2.475	-0.078
68	2.627	2.506	0.121
69	2.827	2.702	0.125
70	2.927	2.963	-0.036
71	3.007	3.092	-0.085
72	3.207	3.141	0.066
73	3.237	3.246	-0.009
74	3.017	3.277	-0.260
75	2.867	3.083	-0.216
76	2.717	2.810	-0.093
77	2.717	2.652	0.065
78	2.387	2.523	-0.136
79	2.123	2.243	-0.120
80	2.023	1.941	0.082
81	2.033	1.868	0.165
82	2.078	1.993	0.085
83	2.168	2.145	0.023
84	2.313	2.287	0.026
85	2.367	2.406	-0.039
86	2.392	2.439	-0.047
87	2.367	2.407	-0.040
88	2.402	2.404	-0.002
89	2.467	2.436	0.031
90	2.477	2.453	0.024
91	2.487	2.463	0.024
92	2.592	2.525	0.067
93	2.847	2.721	0.126
94	2.987	3.007	-0.020
95	3.107	3.165	-0.058
96	3.117	3.150	-0.033
97	3.177	3.144	0.033
98	3.107	3.197	-0.090
99	2.947	3.144	-0.197
100	2.747	2.897	-0.150
101	2.637	2.607	0.030
102	2.447	2.446	0.001
103	2.263	2.338	-0.075
104	2.113	2.160	-0.047
105	2.073	2.011	0.062
106	2.113	2.010	0.103
107	2.173	2.106	0.067
108	2.153	2.183	-0.030

Langkah Waktu	Pasut Tanjungan		
	Pengukuran	Simulasi	Selisih
109	2.123	2.181	-0.058
110	2.193	2.164	0.029
111	2.263	2.222	0.040
112	2.353	2.349	0.004
113	2.442	2.497	-0.055
114	2.547	2.595	-0.048
115	2.587	2.576	0.011
116	2.702	2.565	0.137
117	2.817	2.762	0.055
118	2.877	3.049	-0.172
119	3.017	3.143	-0.126
120	3.047	3.075	-0.028
121	3.037	3.070	-0.033
122	3.037	3.161	-0.124
123	2.977	3.143	-0.166
124	2.887	2.936	-0.049
125	2.687	2.708	-0.021
126	2.587	2.571	0.016
127	2.447	2.469	-0.022
128	2.208	2.309	-0.102
129	2.063	2.078	-0.015
130	2.053	1.913	0.140
131	2.033	1.944	0.089
132	2.053	2.047	0.006
133	2.058	2.040	0.018
134	2.043	1.990	0.053
135	2.043	2.026	0.017
136	2.213	2.124	0.089
137	2.407	2.277	0.130
138	2.442	2.468	-0.026
139	2.507	2.552	-0.045
140	2.587	2.552	0.035
141	2.747	2.670	0.076
142	2.967	2.922	0.045
143	3.037	3.128	-0.091
144	3.042	3.163	-0.121
145	2.967	3.107	-0.140
146	2.967	3.062	-0.095
147	2.897	2.967	-0.070
148	2.797	2.834	-0.037
149	2.787	2.785	0.002
150	2.732	2.778	-0.046
151	2.637	2.683	-0.046
152	2.407	2.486	-0.079
153	2.233	2.261	-0.028
154	2.123	2.091	0.032
155	2.088	2.033	0.055
156	2.033	2.033	0.000
157	1.903	1.984	-0.081
158	1.893	1.888	0.005
159	1.913	1.850	0.063
160	2.048	1.957	0.091
161	2.253	2.196	0.057
162	2.427	2.446	-0.019
163	2.607	2.595	0.012
164	2.737	2.680	0.057

Langkah Waktu	Pasut Tanjungan		
	Pengukuran	Simulasi	Selisih
165	2.817	2.809	0.008
166	2.942	2.952	-0.010
167	2.997	3.026	-0.029
168	3.047	3.053	-0.006
169	3.017	3.010	0.007
170	2.917	2.875	0.042
171	2.907	2.776	0.131
172	2.907	2.816	0.091
173	2.887	2.913	-0.026
174	2.797	2.922	-0.125
175	2.747	2.790	-0.043
176	2.747	2.611	0.136
177	2.527	2.464	0.063
178	2.303	2.285	0.018
179	2.133	2.081	0.052
180	2.163	1.978	0.185
181	1.933	1.954	-0.021
182	1.793	1.873	-0.080
183	1.813	1.772	0.041
184	1.943	1.817	0.126
185	2.123	2.019	0.104
186	2.323	2.255	0.068
187	2.537	2.484	0.053
188	2.792	2.689	0.103
189	2.867	2.815	0.051
190	2.887	2.895	-0.008
191	2.987	2.978	0.009
192	3.047	3.037	0.010
193	3.002	3.031	-0.029
194	2.997	2.920	0.077
195	2.787	2.741	0.046
196	2.767	2.660	0.107
197	2.837	2.757	0.080
198	2.847	2.900	-0.053
199	2.947	2.947	0.000
200	2.857	2.892	-0.035
201	2.627	2.732	-0.105
202	2.437	2.475	-0.038
203	2.273	2.249	0.024
204	2.093	2.102	-0.009
205	1.893	1.940	-0.047
206	1.793	1.762	0.030
207	1.743	1.673	0.070
208	1.873	1.740	0.133
209	2.013	1.956	0.057
210	2.333	2.220	0.113
211	2.487	2.458	0.029
212	2.722	2.638	0.084
213	2.747	2.743	0.004
214	2.797	2.812	-0.015
215	2.807	2.885	-0.078
216	2.947	2.977	-0.030
217	2.917	3.016	-0.099
218	2.827	2.900	-0.073
219	2.812	2.717	0.095
220	2.807	2.634	0.173

Langkah Waktu	Pasut Tanjungan		
	Pengukuran	Simulasi	Selisih
221	2.707	2.662	0.045
222	2.777	2.748	0.029
223	2.897	2.878	0.019
224	2.937	2.977	-0.040
225	2.842	2.933	-0.091
226	2.592	2.743	-0.151
227	2.447	2.501	-0.054
228	2.253	2.279	-0.026
229	2.043	2.078	-0.035
230	1.848	1.880	-0.032
231	1.753	1.717	0.036
232	1.813	1.672	0.141
233	1.893	1.821	0.072
234	2.173	2.119	0.054
235	2.477	2.389	0.088
236	2.737	2.604	0.133
237	2.837	2.835	0.002
238	2.852	2.961	-0.109
239	2.852	2.915	-0.063
240	2.857	2.865	-0.008
241	2.817	2.895	-0.078
242	2.757	2.857	-0.100
243	2.612	2.700	-0.088
244	2.607	2.575	0.032
245	2.637	2.578	0.059
246	2.647	2.643	0.004
247	2.777	2.735	0.042
248	2.917	2.890	0.027
249	2.987	3.031	-0.044
250	2.882	3.006	-0.124
251	2.692	2.783	-0.091
252	2.457	2.490	-0.033
253	2.183	2.231	-0.048
254	1.953	1.997	-0.044
255	1.773	1.788	-0.015
256	1.753	1.658	0.095
257	1.843	1.707	0.136
258	2.073	1.969	0.104
259	2.437	2.288	0.149
260	2.702	2.578	0.124
261	2.867	2.830	0.037
262	2.907	2.941	-0.034
263	2.867	2.921	-0.054
264	2.867	2.898	-0.031
265	2.847	2.889	-0.042
266	2.707	2.795	-0.088
267	2.667	2.623	0.044
268	2.507	2.516	-0.009
269	2.547	2.519	0.028
270	2.627	2.560	0.067
271	2.747	2.649	0.098
272	2.907	2.847	0.060
273	3.047	3.067	-0.020
274	2.992	3.138	-0.146
275	2.837	2.996	-0.159
276	2.587	2.715	-0.128

Langkah Waktu	Pasut Tanjungan		
	Pengukuran	Simulasi	Selisih
277	2.372	2.424	-0.052
278	2.113	2.179	-0.066
279	1.893	1.949	-0.056
280	1.853	1.766	0.087
281	1.863	1.734	0.129
282	2.053	1.916	0.137
283	2.388	2.235	0.153
284	2.637	2.532	0.105
285	2.897	2.781	0.116
286	2.992	2.997	-0.005
287	2.897	3.060	-0.163
288	2.842	2.943	-0.101
289	2.757	2.807	-0.050
290	2.607	2.691	-0.084
291	2.467	2.513	-0.046
292	2.353	2.352	0.001
293	2.433	2.291	0.142
294	2.407	2.316	0.091
295	2.537	2.439	0.098
296	2.777	2.692	0.085
297	2.937	2.974	-0.037
298	3.067	3.131	-0.064
299	2.947	3.100	-0.153
300	2.707	2.893	-0.186
301	2.517	2.606	-0.089
302	2.323	2.347	-0.024
303	2.013	2.114	-0.102
304	1.873	1.897	-0.024
305	1.813	1.762	0.051
306	1.973	1.795	0.178
307	2.453	2.022	0.431
308	2.577	2.358	0.219
309	2.887	2.710	0.177
310	2.967	3.000	-0.033
311	3.002	3.086	-0.084
312	2.947	2.999	-0.052
313	2.852	2.920	-0.068
314	2.657	2.826	-0.169
315	2.462	2.598	-0.136
316	2.343	2.330	0.013
317	2.213	2.186	0.027
318	2.243	2.173	0.070
319	2.393	2.248	0.145
320	2.517	2.419	0.098
321	2.787	2.687	0.100
322	3.047	2.993	0.053
323	3.037	3.198	-0.161
324	2.897	3.145	-0.248
325	2.677	2.852	-0.175
326	2.457	2.532	-0.075
327	2.233	2.291	-0.058
328	2.023	2.059	-0.036
329	1.973	1.874	0.099
330	2.103	1.883	0.220
331	2.313	2.129	0.184
332	2.597	2.522	0.075

Langkah Waktu	Pasut Tanjungan		
	Pengukuran	Simulasi	Selisih
333	2.937	2.891	0.046
334	3.127	3.113	0.014
335	3.037	3.168	-0.131
336	2.947	3.083	-0.136
337	2.807	2.931	-0.124
338	2.757	2.785	-0.028
339	2.567	2.633	-0.066
340	2.373	2.401	-0.028
341	2.113	2.137	-0.024
342	2.143	2.009	0.134
343	2.213	2.061	0.152
344	2.263	2.180	0.083
345	2.467	2.377	0.090
346	2.807	2.748	0.059
347	3.047	3.106	-0.059
348	2.987	3.167	-0.180
349	2.777	2.934	-0.157
350	2.647	2.653	-0.006
351	2.467	2.482	-0.015
352	2.243	2.314	-0.071
353	2.033	2.076	-0.043
354	2.123	1.957	0.166
355	2.283	2.116	0.167
356	2.527	2.468	0.059
357	2.847	2.836	0.011
358	3.227	3.125	0.102
359	3.347	3.313	0.034

